



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE - OESTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FARINHA DE INSETOS NA
ALIMENTAÇÃO DE
TILÁPIAS EM SISTEMAS
BIOFLOCOS E
RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

JIOVANI SERGIO BEE TUBIN

CHAPECÓ, 2017

JIOVANI SERGIO BEE TUBIN

**FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS EM
SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador (a): Dr. Maurício G. C. Emerenciano

Co-orientador (s): Dr. Diovani Paiano

Dr. Fernando Tavernari

CHAPECÓ, SC, BRASIL

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC

TUBIN, Jiovani Sergio Bee
Farinha de Insetos na Alimentação de Tilápias em
Sistemas Bioflocos e Recirculação de Água / Jiovani
Sergio Bee TUBIN. - Chapecó , 2017.
97 p.

Orientador: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano
Co-orientador: Diovani Paiano
Co-orientador: Fernando Tavernari
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do
Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
Chapecó, 2017.

1. farinha de barata. 2. farinha de tenébrio. 3.
níveis de inclusão. 4. nutrição. 5. quitina. I.
Emerenciano, Maurício Gustavo Coelho . II. Paiano,
Diovani. Tavernari, Fernando.III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Educação
Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. IV. Título.

Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Educação Superior do Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS EM
SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

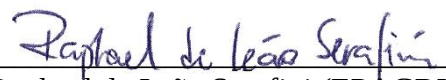
Elaborada por
Jiovani Sergio Bee Tubin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:


Orientador: Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano (UDESC)


Dr. Diogo Luiz de Alcantara Lopes (UDESC)


Dr. Raphael de Leão Serafini (EPAGRI)

Chapecó, 10 de março de 2017.

DEDICATÓRIA

A Deus...

A toda a minha grande família

Em especial a minha mãe Cleusa e minhas irmãs Jislene e Larissa que sempre levarei no meu coração e que sei que sempre estarão comigo. Esta conquista é nossa.

À minha namorada Letícia por todo o apoio e amor. Sem esquecer da minha filha Ana Luiza, que enquanto escrevia está dissertação, mesmo na barriga da mamãe, me deu forças e razão para continuar. Amo muito vocês duas.

Aos meus amigos Guilherme e Émerson por toda ajuda, brincadeiras e principalmente amizade na fase Laguna. Aos meus amigos e irmãos de UDESC, Renato, Talyta, Filipe, André, Bruno, Rhoden, e Benetti, por todo o convívio e amizade que tornaram esse sonho possível, obrigado meus amigos.

Ao meu Pai, Sérgio, porque sempre acreditaste em mim. Consegui pai!!!

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus...

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) campus Oeste e CERES, por permitir utilizar as suas instalações e infraestrutura para redigir esta dissertação.

Ao Programa UNIEDU Pós-Graduação/ FUMDES, do Governo do Estado de Santa Catarina, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Maurício, meu orientador, por ter abraçado este projeto e ajudar de todas as formas nessa caminhada, obrigado pelos ensinamentos e por ter proporcionado um oásis novo.

Ao meu coorientador e amigo Dr. Diovani, por sempre me orientar com excelência, na vida e nos estudos, muito grato por tudo, sabes que és exemplo.

A UNIBAVE – Orleans/SC, em especial ao professor André e o aluno Elias Boeing; e a UFSC, em especial ao Willian e ao Professor Maurício Laterça Martins, todos colaboraram muito na execução dos experimentos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projetos 2013TR3406 e 2015TR453), que forneceram subsidio material e financeiro. À Vetanco-Brasil, a Piscicultura Panamá e Piscicultura Sertãozinho.

Ao Carlos Mario Rivera Narváez - University of Antioquia Medellín/Colômbia, que engrandeceu esta publicação, gracias amigo.

Aos meus amigos e companheiros de estudos, Emerson, Guilherme e Renato; e a todo o Staff do LAQ – UDESC, aos bolsistas de graduação que botaram a mão na massa na realização dos experimentos e análises laboratoriais. Obrigado Tayna, Carolina, Lucas e Kamila, Bruno Olier, Bruno Neves, que nunca falte sucesso para vocês.

Aos professores Dr. Giovanni e Dra. Gabriela, da UDESC – Laguna, por todas os ensinamentos e contribuições que engrandeceram esta dissertação.

Agradeço a todos!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS EM SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

AUTOR: Jiovani Sergio Bee Tubin

ORIENTADOR: Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano
Chapecó, 10 de março de 2017

Três experimentos de nutrição foram realizados a fim de avaliar diferentes níveis de inclusão de farinhas de insetos (0% ou controle, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de farinha de tenébrio ou barata) em dois sistemas de produção (Bioflocos e Recirculação de água) sobre a produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Nos experimentos com bioflocos (BFT) foram utilizados cinco tratamentos e três repetições, com 10 tilápias por unidade experimental. Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso e os dados foram submetidos a análise de regressão até a segunda ordem. O primeiro estudo foi com farinha de larvas de *Tenebrio molitor* (FLT) em sistema BFT. Foram identificados quatro grupos de microrganismos, com predominância de protozoários, microalgas e diatomáceas, e baixas quantidades de rotíferos. Índices individuais (peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, eritrócitos, índice hepatossomático - IHS) e composição de carcaça (matéria seca e extrato etéreo) apresentaram efeito linear crescente ao nível de inclusão de FLT, enquanto a conversão alimentar teve efeito linear decrescente. Para sobrevivência e produtividade, o modelo Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados, com valores máximos de 11,68% e 10,68% de inclusão de FLT, respectivamente. Recomenda-se o uso da FLT na fase de berçário de tilápias no máximo de 10% sem afetar desempenho, índices somáticos, hematológicos e de composição de carcaça. Níveis superiores a 10% ocasionam queda de produtividade, mortalidades, aumento de lipídeos e IHS na carcaça, consequência do alto teor lipídico e de fatores antinutricionais como a quitina presentes da FLT. O segundo estudo avaliou a farinha de barata (FBA) (*Nauphoeta cinérea*) em BFT. Foram identificados quatro grupos de microrganismos e 10 gêneros/espécies no perfil bacteriológico, sendo 7 classificadas como degradadoras e 3 com potencial patogênico. Não houve diferença para conversão alimentar, sobrevivência e produtividade. Houve efeito quadrático com ponto de máximo para ganho de peso e taxa de crescimento específico (TCE). Não se recomenda níveis acima de 15% de FBA para alevinos de tilápia, possivelmente pelo excesso de quitina. O nível ótimo de inclusão de 8,5% de FBA para ganho de peso e TCE. E finalmente, o terceiro estudo foi a utilização de FLT em sistema de recirculação de água (RAS). Foram utilizados 225 alevinos de tilápia ($0,61 \pm 0,12$ g), distribuídos em 15 tanques. Os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento foram adequados para a espécie. Não houve diferença entre os níveis de inclusão para peso final, ganho de peso, consumo de ração, sobrevivência, produtividade, fator de condição, índice hepatossomático. A inclusão de FLT na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo ocasionou aumento linear na conversão alimentar aparente. Houve efeito linear crescente para índice viscerossomático. Sugere-se um limite máximo de inclusão de FLT na dieta de alevinos de tilápia de 15% (em sistemas RAS) devido à presença de fatores antinutricionais como a quitina.

Palavras-chave: farinha de barata, farinha de tenébrio, níveis de inclusão, nutrição, quitina.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

INSECT MEAL IN THE FEED TILAPIA IN BIOFLOC TECHNOLOGY AND RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

AUTHOR: Jiovani Sergio Bee Tubin
ADVISER: Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano
Chapecó, 10 march 2017

Three nutrition experiments were carried out to evaluate different levels of inclusion of insect meal (0% or control, 5, 10, 15 and 20% inclusion of mealworm or cockroach meal) in two production systems (Biofloc technology and Recirculating aquaculture system) on the production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In the experiments with biofloc technology (BFT), five treatments and three replicates were used, with 10 tilapia per experimental unit. A completely randomized design was used and the data were submitted to regression analysis until the second order. The first study was with mealworm of *Tenebrio molitor* (MW) in BFT. Four groups of microorganisms were identified, with predominance of protozoa, microalgae and diatoms, and low amounts of rotifers. Individual indexes (final weight, weight gain, specific growth rate (SGR), erythrocytes, hepatosomatic index - HSI) and carcass composition (dry matter and ethereal extract) presented a linear effect increasing at the level of MW inclusion, while feed conversion had an effect linear regression. For survival and productivity, the Linear Response Plateau (LRP) model was the best fit to the data, with maximum values of 11.68% and 10.68% inclusion of MW, respectively. The use of MW in the nursery stage of tilapia is recommended to a maximum of 10% without affecting performance, somatic, hematological and carcass composition indexes. Levels higher than 10% cause drop in productivity, mortality, increase of lipids and HSI in the carcass, consequence of high lipid content and antinutritional factors such as chitin present in MW. The second study evaluated the cockroach meal (CM) (*Nauphoeta cinérea*) in BFT. Four groups of microorganisms and 10 genera / species were identified in the bacteriological profile, seven of which were classified as degrading and three with pathogenic potential. There was no difference in feed conversion, survival and productivity. There was a quadratic effect with maximum point for weight gain and SGR. Levels above 15% CM are not recommended for tilapia fingerlings, possibly for excess chitin. The optimal inclusion level of 8.5% of CM for weight gain and SGR. And finally, the third study was the use of MW in recirculating aquaculture system (RAS). A total of 225 tilapia fry (0.61 ± 0.12 g) were used, distributed in 15 tanks. The physical-chemical parameters of the water during the experiment were adequate for the species. There was no difference between inclusion levels for final weight, weight gain, feed intake, survival, productivity, condition factor, hepatosomatic index. The inclusion of MW in Nile tilapia fingerlings fed a linear increase in apparent feed conversion. There was an increasing linear effect for viscerosomatic index. It is suggested a maximum limit of inclusion of MW in the diet of tilapia fingerlings of 15% (in RAS) due to the presence of antinutritional factors such as chitin.

Keywords: cockroach meal, mealworm, inclusion levels, nutrition, chitin.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Produção mundial da pesca e aquicultura.	15
Figura 2. Piscicultura brasileira em 2016.	17
Figura 3. Biofloc technology “BFT”.	18
Figura 4. Recirculating aquaculture system “RAS”	20
Figura 5. Tilápia (<i>Oreochromis</i> sp.) em BFT e RAS.....	22
Figura 6. Adulto e larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (A) e alimentação com plástico (B).	24
Figura 7. Macho e juvenil de barata cinérea (<i>Nauphoeta cinérea</i>).	27

CAPÍTULO II – MANUSCRITOS

FARINHA DE *Tenebrio molitor* EM DIETAS PARA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS

Figura 1. Valores de amônia total, nitrito, nitrato (A), ortofosfato e alcalinidade (B) no decorrer das semanas em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.	39
Figura 2. Nível de farinha de larvas de tenébrio na ração adequado para maximizar a produtividade e sobrevivência, estimado por meio do primeiro intercepto da equação linear com o Plateau do LRP para tilápias em berçário.....	40
Figura 3. Variação da matéria seca e do extrato etéreo da carcaça de tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.....	43
Figura 4. Abundância, número de microrganismos por mL ⁻¹ e sólidos sedimentáveis durante as semanas no macrocosmo do sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.....	45

FARINHA DE BARATA CINÉREA *Nauphoeta cinérea* EM DIETAS DE TILÁPIA EM SISTEMA BIOFLOCOS

Figura 1. Valores de amônia total, nitrito, nitrato, ortofosfato e alcalinidade no decorrer das semanas em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de barata.	65
Figura 2. Valores de sólidos sedimentáveis (SS) monitorados diariamente no macrocosmo do sistema experimental de bioflocos durante 35 dias.	66

Figura 3. Ganho de peso (A) e taxa de crescimento específico (B) de tilápias do Nilo alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos.....67

Figura 4. Abundância e número de microrganismos por mL⁻¹ semanais no macrocosmo do BFT com tilápias alimentadas com dietas com níveis de inclusão de farinha de barata.68

FARINHA DE TENÉBRIO (*Tenebrio molitor*) EM DIETAS PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Figura 1. Conversão alimentar e índice viscerossomático de tilápia alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de tenébrio.....85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Composição bromatológica da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.	25
Tabela 2. Composição mineral da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.	25
Tabela 3. Perfil de aminoácidos da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.	26
Tabela 4. Porcentagem de ácido graxos da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.	26

CAPÍTULO II..... 28

FARINHA DE Tenebrio molitor EM DIETAS PARA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS 29

Tabela 1. Composição das rações utilizadas no experimento com níveis crescente de farinha de larvas de tenébrio para tilápias em sistema bioflocos.....	36
Tabela 2. Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos parâmetros relacionados a qualidade de água em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescente de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.	38
Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.	40
Tabela 4. Fator de condição (FC), índice hepatossomático (IHS), índice viscerossomático (IVS) e rendimento de carcaça (REND) de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.	41
Tabela 5. Parâmetros bioquímicos e hematológicos de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.....	42
Tabela 6. Composição de carcaça de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.	42
Tabela 7. Composição centesimal da farinha de larvas de tenébrio (FLT) e do bioflocos proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.	44

FARINHA DE BARATA CINÉREA *Nauphoeta cinérea* EM DIETAS DE TILÁPIA EM SISTEMA BIOFLOCOS 55

Tabela 1. Composição das rações experimentais com níveis crescente de farinha de barata para tilápias em sistema bioflocos..... 61

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos parâmetros de qualidade de água em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis de crescentes de inclusão de farinha de barata. 65

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos..... 66

Tabela 4. Variação temporal da comunidade bacteriana ($\times 10^8$ cel mL⁻¹) com potencial patogênico e degradadoras no cultivo de tilápias em BFT (amostras coletadas no macrocosmo) 68

Tabela 5. Composição nutricional da farinha de barata cinérea e do bioflocos proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos. 69

FARINHA DE TENÉBRIO (*Tenebrio molitor*) EM DIETAS PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA..... 77

Tabela 1. Composição das rações utilizadas no experimento com níveis crescente de farinha de larvas de tenébrio para tilápias em sistema RAS..... 82

Tabela 2. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de tenébrio. 84

Tabela 3. Índices somáticos de produção de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio..... 84

Tabela 4. Composição centesimal da farinha de larvas de tenébrio (FLT) proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema RAS. 86

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	15
REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 SISTEMA BIOFLOCOS E DE RECIRCULAÇÃO	17
1.3 TILÁPIA DO NILO EM BFT E RAS	21
1.4 FARINHA DE INSETOS	22
CAPÍTULO II.....	28
FARINHA DE <i>Tenebrio molitor</i> EM DIETAS PARA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS	29
RESUMO	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS	38
DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO	50
AGRADECIMENTOS.....	50
REFERÊNCIAS.....	50
FARINHA DE BARATA CINÉREA <i>Nauphoeta cinérea</i> EM DIETAS DE TILÁPIA EM SISTEMA BIOFLOCOS	55
RESUMO	56
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E MÉTODOS	60
RESULTADOS	64
DISCUSSÃO	69
CONCLUSÃO	73
AGRADECIMENTOS.....	73
REFERÊNCIAS.....	73
FARINHA DE TENÉBRIO (<i>Tenebrio molitor</i>) EM DIETAS PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA.....	77
RESUMO	78
INTRODUÇÃO	79
MATERIAL E MÉTODOS	81

RESULTADOS.....	83
DISCUSSÃO	86
CONCLUSÃO	88
AGRADECIMENTOS.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
1.5 REFERÊNCIAS.....	93
CARTA DE APROVAÇÃO DO CETEA.....	97

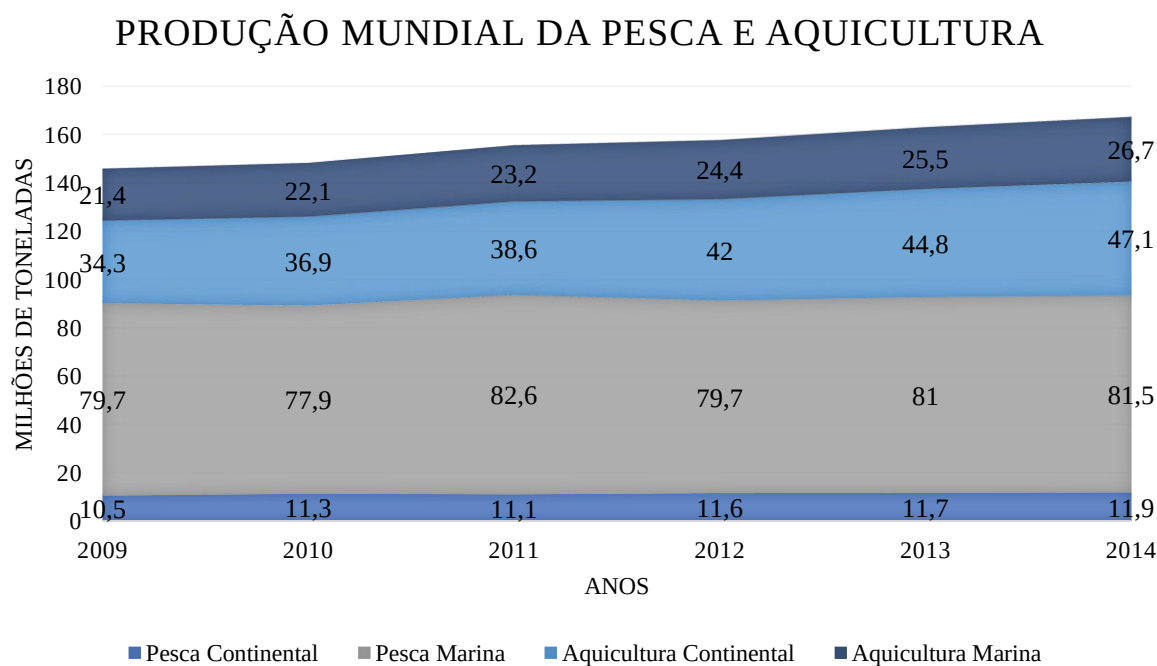
CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO

A demanda de carne, que em 2050 será 58% maior que o demanda em 2010 (MAKKAR et al., 2014), e a aquicultura vêm em constante aumento de produção para suprir esta demanda (Figura 1), isto significará maior pressão sobre os recursos alimentares especialmente sobre os ingredientes para formulação de rações (KHAN et al., 2016). Na busca de mais sustentabilidade na produção animal a longo prazo, a busca de ingredientes alternativos é essencial, pois ingredientes convencionais, tais como farelo de soja, de trigo e farinha de peixes, com grandes oscilações de preços e valores exponencialmente elevados anos após anos (KHAN et al., 2016).

Figura 1. Produção mundial da pesca e aquicultura.



Adaptado de FAO (2016)

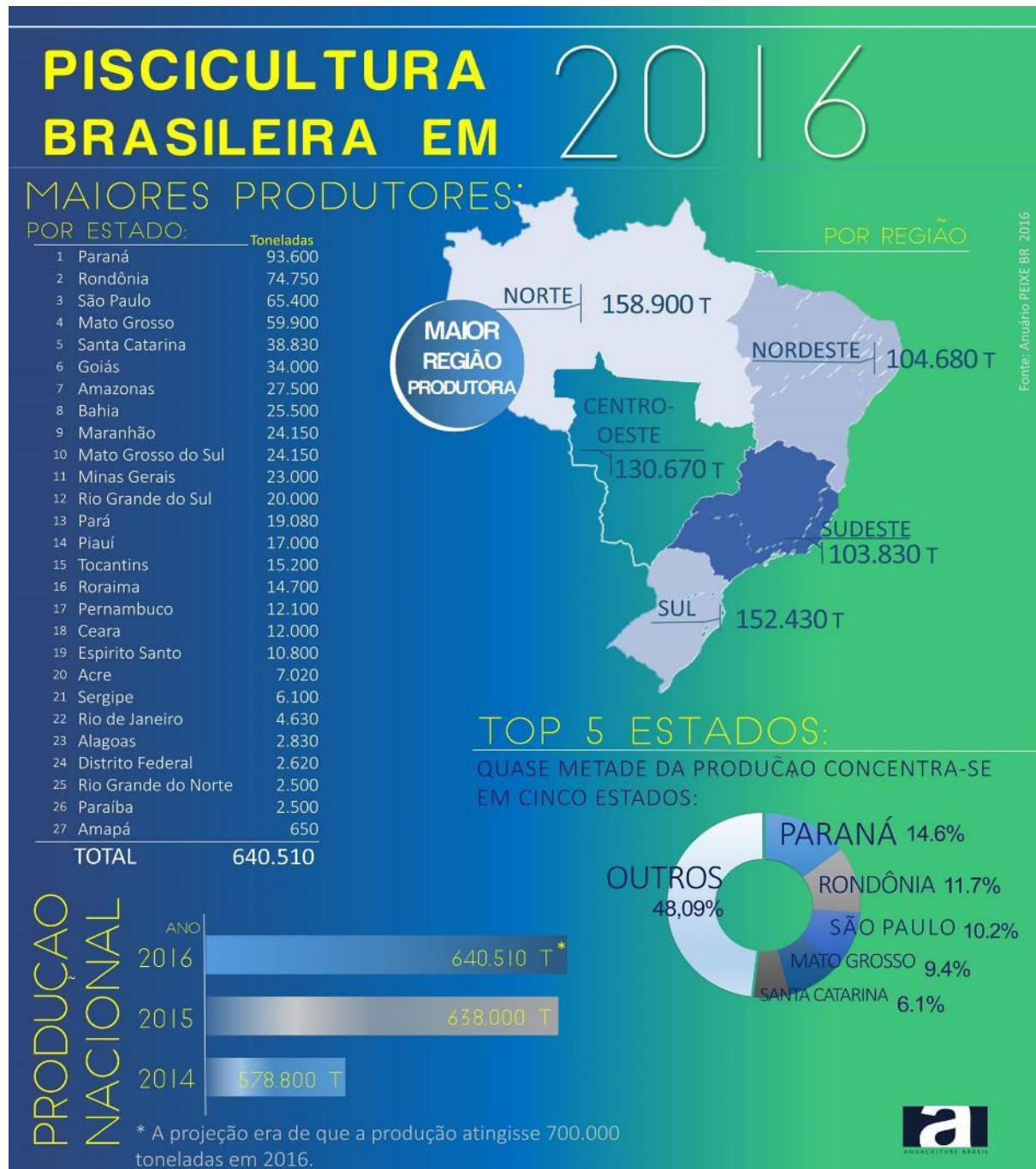
Neste contexto, a criação de insetos é uma alternativa como fonte de nutrientes para a alimentação animal, e segundo VAN HUIS et al. (2013), é uma maneira de aumentar a segurança na alimentação humana e animal, como uma importante fonte proteica. Além disso, a criação de insetos é considerada uma produção sustentável, pois estes pequenos animais se

alimentam de rejeitos da agroindústria, resíduos orgânicos diversos (VAN HUIS et al. 2013) e até inorgânicos (YANG et al. 2015).

Com estas perspectivas fica exposto a necessidades de reciclarmos nossas ideias de alimentação humana e animal. Na produção animal, a mistificação desta prática ocorre de forma mais acelerada, pois muitos dos animais de produção, como aves e peixes, possuem o hábito de se alimentar de insetos.

Fazendo um “link” com a produção de organismos aquáticos, a produção nacional apresenta crescimento (Figura 2), a tilápia é a principal espécie de peixe criada no Brasil (IBGE, 2015), sua nutrição requer elevados níveis proteicos que poderiam ser supridos pelo uso de insetos. Adicionalmente, foram catalogadas mais de 1 milhão de espécies de insetos e estima-se que existam entre 5 e 10 milhões, ou seja, apenas 10-20% que são conhecidas. Este cenário resulta em uma necessidade emergente de mais estudos para identificar potenciais espécies de serem produzidas e utilizadas, na nutrição de tilápias em seus diferentes sistemas de produção principalmente.

Figura 2. Piscicultura brasileira em 2016.



Fonte: PEIXE BR (2016). Disponível em: [facebook.com/Aquaculture Brasil](https://www.facebook.com/AquacultureBrasil). Acesso em 13 de fevereiro de 2017.

1.2 SISTEMA BIOFLOCOS E DE RECIRCULAÇÃO

Com o aumento da produção aquícola em todo o mundo, as pesquisas voltaram-se ao uso de práticas de cultivo ambientalmente amigáveis, com redução de efluentes, que minimizem os problemas com qualidade de água e que diminuam o uso exacerbado de água e de terras (MCINTOSH et al., 2000). Enquadrado nestas práticas, as alternativas de produção que se destacam são o cultivo em bioflocos (ou “*Biofloc Technology*” – BFT na sua sigla em inglês) (Figura 3) (AVNIMELECH, 2009) e também o sistema de recirculação de água (ou “*Recirculating Aquaculture System*” – RAS na sua sigla em inglês) (Figura 4).

No sistema BFT, os nutrientes excretados pelos peixes ou mesmo provenientes de sobras de ração são reciclados e imobilizados por microrganismos presentes na água de cultivo através de uma elevada relação carbono/nitrogênio na água (AVNIMELECH, 2015). Esta alta relação estimula o crescimento de microrganismos aeróbios que são degradadores de matéria orgânica (heterotróficos) e que convertem compostos nitrogenados tóxicos em biomassa microbiana (AVNIMELECH, 1999; 2007). Para elevar a relação C: N do sistema são usadas as mais diversas fontes de carbono oriundos principalmente de resíduos da agroindústria. Além dos mais diversos farelos vegetais (EMERENCIANO et al. 2013), exemplos práticos utilizados como fonte de carbono em sistemas BFT são o melaço de cana, açúcar, glucose, glicerol ou dextrose, que possuem 20%, 40%, 50% e 40% de carbono, respectivamente (EKASARI et al., 2010).

Figura 3. Biofloc technology “BFT”.



Fonte: A – Disponível em <aquaculture-ft.com/shrimp-farm-techniques> Acesso em 10/02/2017. B – Disponível em <aguablancaseafood.com/f7.arm> Acesso em 10/02/2017.

De acordo com WILEN et al. (2003), a matéria orgânica total dos bioflocos pode representar 60-70%, destes 2 a 20% podem ser representados por células vivas; enquanto que o material inorgânico pode atingir 30-40% do conteúdo dos bioflocos. Por meio de um grande

movimento de água e aeração nos tanques de cultivos, estes agregados em suspensão contêm uma diversidade muito grande de microrganismos vivos (bactérias, protozoários, microalgas e microinvertebrados diversos) e mortos, fezes, polímeros orgânicos e resíduos de ração (AVNIMELECH, 2015).

Essa biomassa microbiana serve como alimento para espécies aquáticas onívoras e que possuam aparatos morfológicos que consigam apreender estas partículas em suspensão. Neste contexto as tilápias (*Oreochromis sp*) e o camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) são as espécies mais utilizadas neste sistema (AVNIMELECH, 2015) e que conseguem com sucesso consumir diretamente o bioflocos como fonte de alimento altamente nutritivo, rico em proteínas, aminoácidos e outros microelementos essenciais (AVNIMELECH, 2015). O consumo de bioflocos pelos animais pode representar 29% do total dos itens ingeridos (BURFORD et al., 2004) e podem reduzir parcialmente o teor de proteína utilizado nas rações (AZIM e LITTLE, 2008, XU e PAN, 2012, MELO et al., 2015).

Outros aspectos importantes é a minimização da poluição ambiental e o aumento da biossegurança são melhorados com a utilização do sistema BFT. Segundo HARGREAVES (2013) o sistema de bioflocos possibilita o cultivo livre de patógenos e reduz a emissão efluentes por terem trocas de água mínimas ou zero.

O sistema RAS é uma alternativa viável e ecologicamente sustentável à aquicultura tradicional (por exemplo, lagoas, raceways e tanques-rede), com reduzido impacto ambiental (YOUGEV et al., 2017). Em sistema RAS, a água do tanque de peixes é reciclada através de infraestrutura de tratamento de resíduos, como filtros de tambor e filtros biológicos, para posterior retorno e reutilização (MARTINS et al., 2010). Este conceito proporciona um maior controle da qualidade da água, do desempenho dos peixes, dos patógenos e da utilização de energia (TIMMONS e EBELING, 2007; TAL et al., 2009). SILVA (2012) citou vantagens pela facilidade de remoção de matéria orgânica e da redução da proliferação de algas e fungos, que podem conferir sabor desagradável ao pescado, conhecido como “off-flavor”. Este sistema possibilita o emprego de elevadas densidades de estocagem quando comparados aos sistemas tradicionais de cultivo, em razão de um maior controle dos fatores limitantes, como temperatura, oxigênio e amônia (AZEVEDO et al., 2014).

O sistema RAS é composto por tanques para cultivo de peixes, sistemas de bombeamento e filtração. O sistema de filtração é dividido em filtros mecânicos e biológicos. O filtro mecânico tem como função remoção do material particulado, tais como, resíduos de ração, fezes e sólidos, enquanto que o filtro biológico possuirá a função de nitrificação da amônia do sistema (RIDHA e CRUZ, 2001).

As vantagens do uso de um sistema de recirculação (RAS) atraem tanto a indústria de aquicultura como a sociedade (KOLAREVIC et al., 2013). Os sistemas de recirculação também podem ser integrados a outros cultivos animais ou vegetais, melhorando a eficiência produtiva da atividade aquícola sem que haja prejuízo ao meio ambiente (ALI et al., 2010).

Figura 4. Recirculating aquaculture system “RAS”



Fonte: A – Disponível em < prangerent.com/aquaculture/ > Acesso em 25/04/2017.

B – Disponível em < akvagroup.com/products/land-based-aquaculture/recirculation-systems > Acesso em 25/04/2017.

Em contrapartida, ambos os sistemas de produção encontram dificuldades, principalmente devido à alta tecnologia e controle minucioso da qualidade de água. As principais dificuldades encontradas no sistema de bioflocos estão relacionadas ao modelo superintensivo de produção em cultivos heterotróficos, pois requer o monitoramento minucioso dos parâmetros de qualidade de água, que garante a estabilidade do sistema. Além da suplementação de fontes de carbono, a aeração dos tanques deve ser vigorosa e constante para garantir a concentração adequada de oxigênio dissolvido e a manutenção da matéria orgânica suspensa na coluna da água (AVNEMELECH, 2009). A eliminação da amônia é o principal objetivo de um sistema RAS, por ser tóxica aos peixes (EDING et al., 2006), além da necessidade de monitorar a oxigenação, níveis de água, concentração de gás carbônico, interrupção de energia elétrica e possíveis acidentes que caso não controlados, em um curto período podem ocasionar perda total da produção. Estes procedimentos certamente aumentam os custos de produção, além de haver uma necessidade de equipamentos apropriados e de profissionais altamente capacitados que saibam interpretar as oscilações do sistema.

1.3 TILÁPIA DO NILO EM BFT E RAS

A principal espécie de peixe cultivada no Brasil é a tilápia (*Oreochromis sp*), que representa cerca de 45,4% do total de pescado proveniente da aquicultura continental brasileira com 219,33 mil toneladas despescadas em 2015 (IBGE, 2015). Esta espécie destaca-se por algumas características favoráveis como a rusticidade, a precocidade sexual, a tolerância a diferentes condições ambientais, e principalmente pela boa aceitação pelo mercado consumidor (EL-SAYED, 2006) e capacidade de aproveitamento do alimento natural (AZIM et al., 2003). Segundo AVNIMELECH (2007) e RAKOCY et al. (2008) a produção comercial de tilápias já é realizada com sucesso com a tecnologia de bioflocos (Figura 4) e com crescimento a cada dia principalmente em países latino-americanos (AVNIMELECH 2015), com destaque para México, Equador, Colômbia e mais recentemente Brasil (KUBITZA, 2011).

Na academia existem diversos trabalhos que demonstram o potencial da espécie para o sistema BFT. AZIM e LITTLE (2008) obtiveram uma produção 45% superior em relação aos cultivos em recirculação com águas-claras, que admite a utilização dos bioflocos como fonte alternativa de alimento para a tilápia do Nilo. LUO et al. (2014), em tilápias adultas, obteve menor conversão alimentar no sistema de BFT (1,20) comparado a águas-claras (1,47), além de ser possível manter uma alta biomassa ($44,95 \text{ kg m}^{-3}$) e excelentes taxas de sobrevivência (100%). Já KUBITZA (2011), juvenis na densidade de 420 peixes m^3 obteve conversão alimentar semelhante com 1,25 e sobrevivências acima de 90%. Ainda com juvenis, WAMBACH (2013) observou diferentes densidades de estocagem, e obteve biomassa de 10,12 e 13,26 kg m^3 e sobrevivências de 98,96% e 90,97%. Adicionalmente, RAKOCY et al. (2008) obtiveram 99,7% de sobrevivência, com uma densidade de estocagem final de 18,4 kg m^{-3} e ganho de peso médio diário aproximadamente de 3,2 g em sistemas BFT.

Segundo BRITO e SILVA (2014), um cultivo de tilápia do Nilo em RAS pode apresentar uma taxa de sobrevivência de 82%, no qual o sucesso do sistema passa pelo emprego de tecnologia moderna, uso racional da água e a sustentabilidade econômica. No cenário mundial, o sistema RAS, devido ao seu alto de implantação, são destinados a produção de espécies com maior valor no mercado, como salmão, cobia, enguia e camarões.

Figura 5. Tilápia (*Oreochromis sp.*) em BFT e RAS.



Fonte: A - disponível em <acuicolagarza.com> Acesso em 10/02/2017

B - disponível em <blueridgeaquaculture.com> Acesso em 25/04/2017.

1.4 FARINHA DE INSETOS

O insumo ração representa 40 a 60% do custo total de produção da aquicultura, valor relativamente alto quando comparado aos demais itens (SCORVO FILHO et al., 2010). Neste contexto, as fontes proteicas são as que mais encarecem as rações de organismos aquáticos. Dentre as fontes proteicas merece-se destaque a farinha de peixe, pelo seu alto valor nutricional, ótima digestibilidade e palatabilidade (TEIXEIRA et al., 2006). No entanto, nos últimos anos está matéria-prima tornou-se cada vez mais escassa e com preço instável principalmente pela demanda de outros segmentos tais como aves, suínos e pet (HARDY, 2010). Este ingrediente pode ser produzido com peixes *in natura* ou resíduos. No entanto, o uso de descarte do processamento de indústrias de pesca acarreta em farinhas com menor qualidade, ocasionado pelo alto teor de cinzas e flutuação na composição nutricional, atrelado a sazonalidade dos diferentes rejeitos (TEIXEIRA et al., 2006).

Uma alternativa às fontes proteicas tradicionais para a alimentação animal seria a inclusão dos insetos na dieta alimentar (FAO, 2015). Argumentos que reforçam seu uso seria que insetos crescem e se reproduzem facilmente, tem alta eficiência de conversão alimentar e podem alimentar-se de resíduos orgânicos (COLLAVO et al., 2005). Além disso, estudos demonstraram que é tecnicamente viável produzir insetos em grande escala e usá-los como alternativa de proteína sustentável na dieta animal de aves, suínos, bovinos e animais aquáticos (VELDKAMP et al., 2012). Uma vez alcançado a produção massiva em larga escala destes

pequenos animais seria possível baratear seu custo e alcançar a viabilidade econômica na substituição de ingredientes proteicos tradicionais tais como farinha de peixes e farelo de soja (KHAN et al. 2016). Hoje o custo por quilo da farinha de algumas espécies de insetos em mercado nacional chega a custar mais de R\$ 150,00/kg.

OGUNJI et al. (2008) utilizou larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) como fonte de proteína para a alimentação de tilápias, com obtenção de boas taxas de crescimento específico (~3,76%/dia) e conversão alimentar (1,05), resultado proporcionados possivelmente pelo bom perfil de aminoácidos em comparação, por exemplo, com a farinha de peixe que foi o ingrediente substituído. Neste estudo os autores relataram um elevado teor de extrato etéreo (19,8%) nas larvas de mosca, o que deve ser elevado em consideração na hora de formular as dietas. Em trabalho semelhante, EZEWUDO, MONEBI e UGWUMBA (2015) observaram que a substituição de 50-60% da farinha de peixe por farinha de larvas de moscas (*Musca domestica*) na alimentação de alevinos de tilápias proporcionou crescimento e desempenho adequado para os animais. Para alimentação de catfish africano (*Clarias gariepinus*) as larvas de moscas mostraram-se viáveis para sua utilização (ANIEBO et al., 2009). Já com a utilização de larvas de borboletas (*Bematistes macaria*) para alimentação de catfish africano, NWAMBA et al. (2012) observaram que os peixes não responderam bem as dietas, com resultados pouco expressivos.

Uma outra opção promissora são as larvas e pupas do besouro *Tenebrio molitor* (Figura 5). Este inseto de ciclo de vida curto e de fácil criação seria uma alternativa para países ocidentais de clima temperado aonde este pequeno animal é endêmico (FAO, 2013).

Figura 6. Adulto e larvas de *Tenebrio molitor* (A) e alimentação com plástico (B).



Fonte: A - Disponível em <plantascarnivoras.com.br> Acesso 20/09/2016;

B - Yang et al., (2015).

Já existem disponíveis na literatura informações sobre a criação, alimentação e necessidades de nutrientes desse inseto (POTRICH et al. 2007; NUTRINSECTA, 2013). As larvas de *T. molitor* são onívoras, mas geralmente são alimentados com farinha ou farelo de trigo e suplementadas com farinha de soja, leite em pó desnatado ou leveduras (MAKKAR et al., 2014). A umidade na alimentação parece ser fundamental para o *T. molitor* pois pode afetar a produtividade e teor de gordura (URS & HOPKINS, 1973;). No entanto, criar as larvas de *T. molitor* com recursos como a farinha de trigo, soja e leite desnatado não pode ser considerado sustentável, uma vez que estes produtos poderiam ser considerados mais adequados para o consumo direto para seres humanos ou utilizados na nutrição de animais domésticos. De acordo com MAKKAR et al. (2014), larvas de *T. molitor* possuem a capacidade de reciclar resíduos vegetais de baixa qualidade nutricional e transformá-los em alimentos (biomassa) de alta qualidade. RAMOS-ELORDUY et al. (2002) produziram larvas de tenébrio alimentadas com sobras alimentícias e transformaram estes resíduos em uma fonte de proteína de alta qualidade, o que reitera o potencial de larvas de tenébrio como uma promissora e sustentável fonte proteína alternativa. Além disso, foi relatado recentemente que este animal pode até reciclar plásticos (Figura 1) pois possui bactérias específicas no seu trato capaz de degradar este material (YANG et al. 2015). Assim, seria possível solucionar dois grandes problemas do mundo contemporâneo: a escassez de recursos para alimentação humana e animal, além da “bio-reciclagem” de plásticos.

Em relação ao valor nutritivo, a literatura cita um bom conteúdo proteico e bom balanço de aminoácidos para larvas de *T. molitor* (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2015). Diversas análises da composição nutricional da farinha de larvas de tenébrio (ou “mealworm” no inglês) foram compiladas por TRAN et al. (2016) e divididas em composição bromatológica (Tabela 1), composição mineral (Tabela 2), composição aminoácídica (Tabela 3) e perfil de ácidos graxos (Tabela 4).

Tabela 1. Composição bromatológica da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.

BROMATOLÓGICA	UNIDADE	MÉDIA	DP	MIN	MAX	N
Matéria seca	%	42,2	6,3	37,1	57,6	10
Proteína bruta	% MS	52,8	4,2	47,2	60,3	9
FDN	% MS	12,0	3,5	7,4	15	4
FDA	% MS	6,5		6,4	6,6	2
Extrato etéreo	% MS	36,1	4,1	31,1	43,1	8
Cinza	% MS	3,1	0,9	1,9	4,5	10
Energia bruta	MJ / kg MS	26,8	0,4	26,4	27,3	4

Adaptado de TRAN et al. (2016).

Tabela 2. Composição mineral da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.

MINERAIS	UNIDADE	MÉDIA	DP	MIN	MAX	N
Cálcio	g / kg de MS	2,7	1,9	0,3	6,2	10
Fósforo	g / kg de MS	7,8	3,7	4,4	14,2	8
Potássio	g / kg de MS	8,9		8,5	9,3	2
Sódio	g / kg de MS	0,9				1
Magnésio	g / kg de MS	2,3	0,4	2,0	2,8	3
Manganês	mg / kg de MS	9	4	6	14	4
Zinco	mg / kg de MS	116	24	83	136	4
Cobre	mg / kg de MS	16	1	15	18	4
Ferro	mg / kg de MS	57	32	26	110	5

Adaptado de TRAN et al. (2016).

Tabela 3. Perfil de aminoácidos da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.

AMINOÁCIDOS	UNIDADE	MÉDIA	DP	MIN	MAX	N
Alanina	% proteína	7,3	1,0	6,2	8,2	3
Arginina	% proteína	4,8	1,0	3,8	5,6	3
Ácido Aspártico	% proteína	7,5	1,7	5,6	8,8	3
Cistina	% proteína	0,8	0,0	0,8	0,9	3
Ácido glutâmico	% proteína	11,3	1,1	10,2	12,4	3
Glicina	% proteína	4,9	0,9	3,9	5,6	3
Histidina	% proteína	3,4	0,2	3,2	3,6	3
Isoleucina	% proteína	4,6	0,5	4,1	5	3
Leucina	% proteína	8,6	1,8	7,4	10,6	3
Lisina	% proteína	5,4	0,8	4,6	6,1	3
Metionina	% proteína	1,5	0,4	1,3	2,0	3
Fenilalanina	% proteína	4,0	0,4	3,5	4,3	3
Prolina	% proteína	6,8	0,2	6,6	7	3
Serina	% proteína	7	3,5	4,9	11,1	3
Treonina	% proteína	4,0	0,5	3,5	4,4	3
Triptofano	% proteína	0,6	0,5	0,0	0,9	3
Tirosina	% proteína	7,4	0,3	7,1	7,8	3
Valina	% proteína	6	0,6	5,5	6,6	3

Adaptado de TRAN et al. (2016).

Tabela 4. Porcentagem de ácido graxos da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.

ÁCIDOS GRAXOS ¹	MÉDIA	DP	MIN	MAX	N
C12: 0 ácido láurico	0,5	0,5	0,0	1,0	3
C14: 0 ácido mirístico	4,0	2,1	2,3	6,4	3
C16: 0 ácido palmítico	21,1	6,7	16,1	28,7	3
C16: 1 ácido palmitoléico	4,0	1,8	2,8	6,1	3
C18: 0 ácido esteárico	2,7	0,4	2,3	3,1	3
C18: 1 ácido oleico	37,7	8,7	27,7	43,3	3
C18: 2 ácido linoleico	27,4	4,0	23,1	31	3
C18: 3 ácido linolênico	1,3		1,1	1,4	2

Adaptado de TRAN et al. (2016).¹Expressos em relação ao total de ácidos graxos.

Especificamente em relação ao uso de tenébrio na alimentação de peixes, alguns autores estudaram seu potencial e os resultados são variados e divergentes. NG et al. (2001) substituiu 40% da farinha de peixe por farinha de tenébrio para catfish africano (*Clarias gariepinus*), e não observaram diferenças. Os animais cresceram tão bem ou melhor que os alimentados com a dieta comercial, que mostra que o pellet de tenébrio é palatável. PICCOLO et al. (2014) substituiu 25% da farinha de peixe pela farinha de tenébrio na alimentação de juvenis de dourada (*Sparus aurata*), e não teve diferença no ganho de peso e peso final. No entanto, para

o nível de 50% de substituição observou-se uma redução de crescimento, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. GASCO et al. (2014a) testou níveis de 25 e 50% da substituição de farinha de peixe por farinha de tenébrio para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os resultados demonstraram que não houve diferença de desempenho e crescimento até a inclusão de 50% (dietas isoproteicas com 45% de proteína bruta). Para juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) a inclusão de 25% não teve efeitos adversos, porém para 50% observou-se uma redução na taxa de crescimento específico (GASCO et al., 2014b). SÁNCHEZ-MUROS et al. (2015) observou que a utilização de farinha de tenébrio para tilápia do Nilo (*O. niloticus*) em substituição a farinha de peixe aos níveis de 25 e 50%, reduziu o crescimento dos peixes em cerca de 29%. Segundo os autores, o uso de farinha de tenébrio para tilápias não pode ser usada em altas proporções, pois precisa-se entender melhor o papel da quitina na digestão e uma melhor detecção de possíveis toxinas que podem afetar o crescimento dos peixes.

Outro inseto com potencial para inclusão em dietas de organismos aquáticos é a barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*) (Figura 6). Algumas empresas nacionais já a produzem em escala comercial para atender zoológicos e produção de rações para pássaros, principalmente. Pelo seu alto valor proteico (aproximadamente 60%) a procura por esta farinha tem se elevado com o passar dos anos. Porém não há referências na utilização da farinha de barata na nutrição de animais.



Figura 7. Macho e juvenil de barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*).

Fonte: <http://www.biolib.cz/en/image/id224101/>

CAPÍTULO II

MANUSCRITOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de três manuscritos, com sua formatação de acordo com as orientações da revista ao qual foram submetidos:

MANUSCRITO I**FARINHA DE *Tenebrio molitor* EM DIETAS PARA TILÁPIA DO NILO EM
SISTEMA BIOFLOCOS**

De acordo com normas para publicação em:

Boletim do Instituto de Pesca

FARINHA DE *Tenebrio molitor* EM DIETAS PARA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS

Jiovani Sergio Bee TUBIN¹, Maurício Gustavo Coelho EMERENCIANO²

¹ Mestrando em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil, email: jiovani.tubin@hotmail.com

³ Professor Doutor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Cel. Fernandes Martins, 270, Laguna – SC – Brasil, email: mauricioemerenciano@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo avaliou diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Tenebrio molitor* (FLT) em dietas de tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema bioflocos (BFT). Foram avaliados cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de FLT), com três repetições, com 10 tilápias ($2,08 \pm 0,19$ g) por unidade experimental. Foi utilizado o modelo de macro e microcosmos e um período de sete semanas. Os dados foram submetidos a análise de regressão até a segunda ordem. A qualidade de água permaneceu dentro dos níveis esperados para a espécie. Foram identificados quatro grupos de microrganismos, com predominância de protozoários, microalgas e diatomáceas, e baixas quantidades de rotíferos. Índices individuais (peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, eritrócitos, índice hepatossomático - IHS) e composição de carcaça (matéria seca e extrato etéreo) apresentaram efeito linear crescente ao nível de inclusão de FLT, enquanto a conversão alimentar foi decrescente. Para sobrevivência e produtividade, o modelo Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados, com valores máximos de 11,68% e 10,68% de inclusão de FLT, respectivamente. Recomenda-se o uso da FLT na fase de berçário de tilápias no máximo de 10% sem afetar desempenho, índices somáticos, hematológicos e de composição de carcaça. Níveis superiores a 10% ocasionam queda de produtividade, mortalidades, aumento de lipídeos e IHS na carcaça, consequência do alto teor lipídico e de fatores antinutricionais como a quitina presentes da FLT.

Palavras-chave: farinha de inseto; ingrediente alternativo; lipídeos; níveis de inclusão; quitina;

MEALWORM (*Tenebrio molitor*) IN DIETS FOR NILE TILAPIA IN BIOFLOC TECHNOLOGY

ABSTRACT

The present study evaluated different levels of inclusion of mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) in diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivated in a biofloc system (BFT). Five treatments (0, 5, 10, 15 and 20% of mealworm inclusion) were evaluated, with three replicates, with 10 tilapias (2.08 ± 0.19 g) per experimental unit. The macro and microcosm model was used and a period of seven weeks. Data were submitted to regression analysis until the second order. The water quality remained within the levels expected for the species. Four groups of microorganisms were identified, with predominance of protozoa, microalgae and diatoms, and low amounts of rotifers. Individual indexes (final weight, weight gain, specific growth rate, erythrocytes, hepatosomatic index - HSI) and carcass composition (dry matter and ethereal extract) presented a linear effect increasing at the level of mealworm inclusion, while feed conversion was decreasing. For survival and productivity, the Linear Response Plateau (LRP) model was the best fit to the data, with maximum values of 11.68% and 10.68% inclusion of mealworm, respectively. The use of mealworm in the nursery stage of tilapia is recommended to a maximum of 10% without affecting performance, somatic, hematological and carcass composition indexes. Levels higher than 10% cause drop in productivity, mortality, increase of lipids and HSI in the carcass, consequence of high lipid content and antinutritional factors such as chitin present in mealworm.

Keywords: insect meal; alternative ingredient; lipids; levels of inclusion; chitin.

INTRODUÇÃO

A alimentação na aquicultura é fortemente dependente da farinha de peixe, principalmente pelo seu alto valor nutricional, ótima digestibilidade e boa palatabilidade (KUMAR *et al.*, 2017). No entanto, a partir da década de 2000 esta matéria-prima está em escassez e com preço instável por causa, entre outros motivos, da demanda deste produto por outros segmentos da produção animal, tais como aves, suínos e *pets* (HARDY, 2010). Mesmo com os avanços em pesquisas sobre a utilização de fontes proteicas alternativas na nutrição de peixes, a farinha de peixe ainda é o ingrediente padrão, principalmente para peixes carnívoros (KUMAR *et al.*, 2017).

Muitos estudos direcionaram a novas perspectivas nutricionais, porém os benefícios e as fraquezas das fontes de proteínas vegetais e de subprodutos de origem animal ainda são alvo de intensa investigação. Ingredientes de origem vegetal, por exemplo, possuem diversos efeitos adversos no desempenho animal, atribuíveis entre outros, a fatores antinutricionais, perfil inadequado de ácidos graxos e aminoácidos (GATLIN *et al.*, 2007; GAI *et al.*, 2012). Contudo, ambos estão associados com problemas ambientais (p.ex.: exploração dos recursos naturais), econômicos (flutuação de preços de rações) ou na produção (variação da qualidade e quantidade) (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015).

Amparado pelos problemas citados anteriormente, faz-se necessário a busca de alternativas. Neste contexto, o uso de insetos poderia ser uma fonte de proteína na alimentação da aquicultura. A produção em escala comercial de insetos poderia garantir uma produção constante em quantidade, qualidade e preço. O uso dessa fonte para alimentação de animais terrestres e organismos aquáticos já possuem algumas premissas (VELDKAMP *et al.*, 2012; FAO, 2015), e trazem, entre outros, as seguintes vantagens: i) a qualidade nutricional; ii) a não competição com recursos alimentares ou uso da terra; e iii) utilização de “nutrientes de resíduos” ou “sobras energéticas” da produção agroalimentar como fontes nutricionais para o crescimento dos insetos. Estes pequenos organismos podem ser cultivados em plantas industriais e não é preciso grandes áreas, especialmente quando comparado com a outras culturas, como a soja. O uso de insetos contribui para reciclagem natural de nutrientes e poderia ser uma fonte de proteína animal de alta qualidade derivado de uma tecnologia ambientalmente sustentável. Adicionalmente, em relação ao mercado consumidor uma pesquisa realizada no norte da Itália demonstrou que 90% dos consumidores aceitariam comprar peixes alimentados com farinha de insetos (MANCUSO *et al.*, 2016). Isso faz com que haja um perfeito encaixe nas cadeias (“agricultura + peixe + consumidor”) além de um apelo mais sustentável de produção.

Um dos insetos com alto potencial para a utilização na aquicultura é o *Tenebrio molitor* na fase larval (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015), fase em que medem cerca de 2,5 cm e (KIM, 2014). As larvas são utilizadas como alimentos para animais em muitos países (COTTON, 1927). São ricas em proteína e gordura e contém grande quantidade de fibras, que representa uma boa fonte de alimento para humanos (FINKE, 2002). Além disso, insetos são baratos e fáceis de criar (WANG *et al.*, 2012) sendo o tenébrio e o grilo-doméstico (*Acheta domestica*) as duas espécies mais criadas em escala industrial (PAYNE *et al.*, 2016)

Juntamente com os conceitos “ecologicamente corretos” da produção de insetos, uma outra alternativa “amigável” que vislumbra o cultivo de organismos aquáticos é o sistema

bioflocos (também chamado de *Biofloc Technology*, ou na sua sigla em inglês *BFT*) (AVNIMELECH, 2015). Estes cultivos se destacam por adotar altas densidades de estocagem com pouca ou nenhuma renovação de água. Para isso, usa-se aeração e grande movimento de água, o qual proporciona a formação de uma biota predominantemente aeróbia e heterotrófica (AVNIMELECH, 2007). A produção comercial de camarões e tilápias já é realizada com sucesso com a tecnologia de bioflocos - BFT (WASIELESKY *et al.*, 2006; AVNIMELECH, 2006), pois nos bioflocos estão presentes microrganismos (bactérias filamentosas, protozoários, microalgas, invertebrados) vivos e mortos, fezes, polímeros orgânicos, resíduos de ração que servem como alimento para espécies aquáticas onívoras como as tilápias (AVNIMELECH, 2015).

Face ao exposto, a farinha de larva de *T. molitor* já foi utilizada como substituto das farinhas de soja e de peixes na alimentação de tilápias (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015), porém na revisão realizada não foram encontrados na literatura estudos que avaliam sua utilização em sistema bioflocos, que pode ter um efeito positivo no desempenho zootécnico dos animais, principalmente pela disponibilidade de alimento natural. Com isso, o objetivo com o estudo foi avaliar a inclusão de diferentes níveis de farinha de larvas de *Tenebrio molitor* na dieta de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema bioflocos sobre o desempenho zootécnico, perfil de microrganismos, composição corporal, parâmetros bioquímicos e hematológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura (LAQ), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), (Lat. 28° 28'S, Long. 48° 46'W). Os alevinos de tilápias do Nilo (*O. niloticus*) foram obtidos de uma piscicultura comercial especializada na produção de alevinos (Piscicultura Panamá Lat. 27°57'S, Long. 48°45'W) com peso médio de 0,5g e transportados em sacos de transporte específico. Os alevinos foram aclimatados durante quatro semanas em três caixas de 1000 L (volume útil de 500 L) com o sistema bioflocos (EMERENCIANO *et al.*, 2012), alimentadas com dieta comercial (32% de proteína bruta) até o início do experimento.

Com o objetivo de manter a comunidade microbiana do sistema bioflocos foi realizado um cultivo superintensivo de BFT com tilápias numa caixa de 1000 L (denominada macrocosmo). Adicionalmente, quatro semanas antes do início do experimento foram adicionados cerca de 300 L de inóculo (água rica em bioflocos) oriundo de um experimento

anterior com tilápias em BFT. Para a manutenção da biota microbiana (bioflocos) foi utilizado um protocolo proposto por EMERENCIANO *et al.* (2012) com modificações, com relação C: N de 15:1 por meio de melaço de cana de açúcar e a própria dieta comercial. No macrocosmo foi alojado cerca de 230 tilápias com biomassa equivalente de 3.200 g de peso corporal (aprox. 14g), alimentadas nas duas primeiras semanas com 5% da biomassa. Nas duas semanas seguintes reajustado a ração para 4% da biomassa e relação C: N de 12:1. Foi feita a correção do pH e alcalinidade com cal hidratada ($>100 \text{ mg L}^{-1}$), e monitorado pH, temperatura e sólidos sedimentáveis.

Nas unidades experimentais (15 caixas plásticas retangulares de 26 L com um volume útil de $0,019 \text{ m}^3$, denominados microcosmos) foram utilizados 150 juvenis de *O. niloticus* com um peso de $2,08 \pm 0,19 \text{ g}$ em um delineamento experimental inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e três repetições. No total, foram povoados 10 peixes por unidade experimental (densidade de 526 tilápias por m^3). A água utilizada no experimento foi captada da rede de abastecimento de água local (CASAN) e posteriormente declorada por meio de forte aeração. Foi utilizado aquecedores de 300 Watts com intuito de manter a água a 28°C (relação aproximada de 1 Watt L^{-1}). Para a oxigenação da água e suspensão do floco microbiano, um anel de mangueira microperfurada (com 70 cm de comprimento, Aerotube®) disposto no fundo e centralmente no macrocosmo; e uma pedra porosa (20 mm de diâmetro e 30 mm de altura) foi alocada centralmente em cada unidade experimental, ambos alimentadas por meio de um soprador de ar radial de 2 cv de potência. A água dos macrocosmos era bombeada (3500 L h^{-1}) para as unidades experimentais (microcosmos), com retorno por gravidade. O objetivo foi manter a mesma qualidade de água e o mesmo perfil quali-quantitativo de microrganismos em todas as unidades experimentais, com vistas a minimizar fatores externos a dieta.

Para a manutenção do bioflocos foi utilizada uma relação carbono-nitrogênio (C: N) em 12:1 no qual foram adicionados três vezes ao dia uma fonte de carbono externa (melaço em pó). Essa relação foi mantida até o final do experimento, com consideração da composição nutricional da dieta e da fonte de carbono. O excesso de amônia do sistema era controlado com melaço em pó. O controle do pH foi diário, e sempre que necessário foi adicionada cal hidratada (Ca (OH)_2), uma vez que o pH estivesse abaixo de 7,0 (equivalente a 2% da ração fornecida). Além disso, com o intuito de controlar o volume de sólidos do sistema (ou seja, volumes superiores a 50 mL L^{-1}) foi acoplado ao macrocosmo um sedimentador com volume útil de 15 litros (RAY *et al.*, 2010).

Foram monitorados diariamente (8:00 h) em todos os tratamentos e macrocosmos os parâmetros de pH (YSI-10A, Yellow Springs Instruments Inc., OH, USA), oxigênio dissolvido

e temperatura (YSI-55, Yellow Springs Instruments Inc., OH, USA) e sólidos sedimentáveis (volume de bioflocos mensurado em cone Inhoff). Duas vezes por semana as concentrações de amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato foram mensuradas com um fotocolorímetro (ALFAKIT modelo AT 100P, Florianópolis – SC, Brasil). A alcalinidade total foi determinada igualmente duas vezes por semana por titulação volumétrica, com kit comercial (ALFATIK - 2058 e 2460, ALFAKIT, Florianópolis – SC, Brasil).

As tilápias eram alimentadas três vezes ao dia (8:00, 13:30 e 18:00h). As dietas foram fornecidas de acordo com a biomassa, com ajustes semanais de acordo com as biometrias. Nas primeiras duas semanas a uma quantidade de 8% da biomassa, terceira semana 5% da biomassa, quarta semana 4% da biomassa e nas últimas duas semanas a 3% da biomassa, com reajustes diários conforme mortalidades. Os tratamentos foram constituídos pelo fornecimento de dietas formuladas para conterem cinco níveis crescentes de inclusão de farinha de larva de *Tenebrio molitor* (FLT), sendo (controle ou 0, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de FLT).

As dietas foram formuladas de modo a serem isoproteicas, isoenergéticas, isocalcíticas e isofosfóricas com 32% de proteína bruta (Tabela 1). Para a fabricação os ingredientes foram moídos isoladamente (300 µm), pesados, misturados e peletizados. Após a peletização foram secos (55 °C, por 36 horas). Após a secagem, os pellets foram triturados para formação de partículas com granulometria de ± 1 a 2 mm.

Ao final do experimento, as tilápias foram, contadas, pesadas e os consumos computados para determinar o desempenho zootécnico (consumo de ração; ganho de peso; conversão alimentar; taxa de crescimento específico: $TCE = (100 \times \{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}\} / \text{dias de experimento})$; Sobrevivência: $S = (\text{número final} / \text{número inicial}) \times 100$; Produtividade: $PRO = (\text{Kg m}^{-3})$; e Fator de condição: $FC = (\text{peso final} / \text{comprimento final})$.

Adicionalmente cinco peixes por unidade experimental, foram anestesiados com eugenol (75 mg L⁻¹ de água) e retirado por laparotomia abdominal o fígado e as vísceras para a pesagem; e depois pesado o peixe eviscerado, para determinação dos seguintes índices: hepatossomático, $IHS = (\text{peso do fígado} / \text{peso da carcaça}) \times 100$; viscerossomático, $IVS = (\text{peso das vísceras} / \text{peso da carcaça}) \times 100$; e rendimento de carcaça: $REND = (\text{peso do peixe eviscerado} / \text{peso da carcaça}) \times 100$.

Tabela 1. Composição das rações utilizadas no experimento com níveis crescente de farinha de larvas de tenébrio para tilápias em sistema bioflocos.

Ingredientes, %	Inclusão de farinha de larvas de tenébrio (%)				
	0	5	10	15	20
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha Larvas de Tenébrio	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Farelo de Soja	46,97	41,83	36,67	31,46	26,35
Milho	21,01	21,26	21,56	21,84	22,08
Farelo de Trigo	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Óleo de Peixe	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de Soja	3,10	2,95	2,78	2,67	2,51
Premix Vitamínico Mineral	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,00	0,00	0,03	0,07	0,09
Fosfato Bicálcico	1,00	1,04	1,04	1,04	1,05
Ácido Propiônico ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Gelatina ⁴	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada ¹					
Proteína Bruta, %	32,02	32,03	32,04	32,02	32,04
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹	4200	4200	4200	4200	4200
Energia Digestível, kcal kg ⁻¹	3213	3221	3228	3239	3247
Lipídeos, %	6,58	6,52	6,45	6,44	6,38
Fibra bruta, %	4,28	4,33	4,39	4,45	4,5
Matéria Mineral, %	6,54	6,4	6,27	6,14	6,01
Cálcio, %	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Fósforo total, %	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Analisada ²					
Matéria seca, %	90,17	93,11	93,16	87,40	92,27
Proteína Bruta, %	30,94	34,13	33,01	30,95	33,65
Lipídeos, %	12,08	11,53	11,99	13,58	15,35
Matéria Mineral, %	8,81	8,76	8,31	7,78	8,74
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹ ⁵	4883	4904	4930	5004	5098

¹ Valores calculados na composição química e energética propostos por FURUYA (2010). ² Valores analisados de acordo com as metodologias propostas por SILVA e QUEIROZ (2002). ³ Antioxidante; ⁴ Aglutinante. ⁵Valores estimado de energia bruta. $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$.

Para análises hematológicas, o sangue foi coletado por punção do vaso caudal, com auxílio de seringas descartáveis de 1 mL com EDTA (10%). Esse sangue destinou-se às determinações da contagem de eritrócitos em câmara de Neubauer sob microscópio óptico com aumento de 10x. Uma alíquota foi destinada para determinação do percentual de hematócrito (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013). As contagens totais de leucócitos e contagem diferencial de leucócitos foram feitas pelo método indireto a partir de extensões de sangue corados com May Grünwald-Giemsa-Wright (MGGW) (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013).

Foram feitas extensões sanguíneas em lâminas de vidro, secadas ao ar e coradas pelo método de coloração de ROSENFELD (1947). A leitura foi realizada em microscópio óptico

com aumento de 100x. A contagem total de leucócitos e trombócitos foram realizadas pelo método indireto de acordo com MARTINS *et al.* (2004).

Para as análises bioquímicas (colesterol e glicose sanguínea), foi utilizado 15 µL de sangue dos peixes de cada tratamento, por meio do leitor Accutrend Plus Cobas®.

A composição centesimal da FLT, bioflocos, rações experimentais e carcaça dos animais (peixes de cada tratamento: n=15) foram obtidas conforme metodologia preconizada por SILVA e QUEIROZ (2002), enquanto que a energia bruta foi estimada pela equação $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$. Foi realizada a análise micotoxinas da FLT pela metodologia Imunocromatografia por competição através de fitas de fluxo lateral (AccuScan® Pro). A análise de perfil de ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa conforme metodologia proposta por AOAC (2000). Para a coleta dos bioflocos, primeiramente foi concentrado por decantação e após seco em estufa (55 °C).

Ao longo das seis semanas experimentais foram coletadas amostras de água com o objetivo de caracterizar a composição da comunidade microbiana presente no BFT. Uma vez por semana, foram coletadas três amostras de 50 mL de água do macrocosmo, com total de 18 amostras. Estas foram fixadas (formol 4%) e coradas com rosa de bengala (1%). A contagem e identificação dos invertebrados foi realizada com o auxílio de uma lupa estereoscópica (BIOPTIKA L20T, Bioptika, Colombo-PR, Brasil) e uma placa de petri reticulada. Já para os microrganismos foram feitas duas sub-amostras homogeneizadas de 1 mL cada. Essas amostras foram triadas com utilização de três linhas e três colunas da câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico (20x) (AZIM e LITTLE, 2008; EMERENCIANO *et al.*, 2013). Os microrganismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível com bibliografia específica (BARNES, 1990).

Os dados do presente trabalho foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e transformados se não normais pela equação $x = \arcsen \sqrt{x / 100}$ (ZAR, 1984). Os resultados foram avaliados de acordo com o modelo: $Y_i = \mu + T_i + e_i$ em que: μ = constante geral; T_i = nível de inclusão de farinha de tenébrio no qual $i = 0\%$; 5% ; 10% ; 15% ; 20% , e = erro aleatório. No caso de efeito foram aplicados os modelos polinomial até a segunda ordem e o Linear Response Plateau (LRP), conforme descrito por PORTZ *et al.* (2000). As variáveis de carcaça foram avaliadas de acordo com o mesmo modelo, os dados foram analisados pelo software SAEG.

RESULTADOS

Os resultados referentes a qualidade de água estão apresentados na Tabela 2. Os valores de oxigênio dissolvido, temperatura, e pH foram semelhantes entre os microcosmos e macrocosmo durante todo o período experimental. O valor médio de oxigênio dissolvido foi de $7,48 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 1,05$) e a temperatura de $27,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1,53$). O pH se manteve estável ao longo de todo o experimento (42 dias) com valor de $6,68$ ($\pm 0,33$).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos parâmetros relacionados a qualidade de água em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescente de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

Parâmetros	Microcosmos (Nível de FLT %)					Macrocosmo
	0	5	10	15	20	
OD (mg L^{-1})	$7,43 \pm 1,05$ 9,46-5,56	$7,45 \pm 1,07$ 9,40-5,43	$7,42 \pm 0,99$ 9,02-5,48	$7,55 \pm 1,05$ 9,28-5,67	$7,45 \pm 1,05$ 9,30-5,65	$7,61 \pm 1,13$ 9,50-5,55
T ($^{\circ}\text{C}$)	$27,42 \pm 1,50$ 30,00-24,30	$27,40 \pm 1,58$ 30,20-24,10	$27,43 \pm 1,51$ 30,40-24,30	$27,44 \pm 1,57$ 30,40-24,30	$27,45 \pm 1,55$ 30,50-24,20	$27,45 \pm 1,53$ 29,90-24,10
pH	$6,68 \pm 0,33$ 7,20-5,90	$6,67 \pm 0,33$ 7,23-6,00	$6,67 \pm 0,33$ 7,22-5,90	$6,67 \pm 0,33$ 7,20-5,90	$6,66 \pm 0,33$ 7,19-5,90	$6,71 \pm 0,32$ 7,25-5,90
SS (mL L^{-1})	-	-	-	-	-	$21,67 \pm 7,34$ 40,00-12,00
Amônia (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	$1,47 \pm 0,36$ 1,95-0,88
Nitrito (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	$0,02 \pm 0,03$ 0,10-0,00
Nitrato (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	$0,71 \pm 0,24$ 1,26-0,31
Ortofosfato (mg L^{-1})	-	-	-	-	-	$27,09 \pm 18,92$ 53,00-3,48
Alcalinidade ($\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$)	-	-	-	-	-	$43,85 \pm 6,24$ 52,00-36,00

SS – Sólidos sedimentáveis; T – temperatura; OD – Oxigênio dissolvido.

As concentrações de amônia e nitrato tiveram pequenas oscilações durante o experimento (Figura 1A). A amônia total oscilou de 1,95 a 0,88 mg L^{-1} , com média de $1,47 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,36$) enquanto o nitrato oscilou entre 1,26 a 0,31 mg L^{-1} com valores médios de $0,71 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,24$). Os valores de nitrito mantiveram-se com média de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,03$).

Em relação a alcalinidade, no início com 50 mg L^{-1} de CaCO_3 e no decorrer do experimento oscilou com valor mínimo de 36 mg L^{-1} de CaCO_3 e valor médio de $43,85 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 ($\pm 6,24$) e máximo de 52 mg L^{-1} de CaCO_3 (Figura 1B). O ortofosfato teve um acúmulo esperado e obteve uma média de $27,09 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 18,92$) com valores iniciais de 3,91 e ao final com $51,88 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 1). Em relação aos sólidos sedimentáveis (SS) que representa o volume de bioflocos, o mesmo apresentou oscilações semanais, com aumento até o final do

experimento, com uma média de $21,67 \text{ mL L}^{-1}$, com concentração inicial de 19 mL L^{-1} , e final de 34 mL L^{-1} , (Figura 4).

Em relação ao desempenho zootécnico, peso final, ganho de peso, consumo de ração e taxa de crescimento específico; houveram efeito linear crescente ao nível de inclusão de FLT (Tabela 3). Para CA houve efeito linear decrescente ao nível de inclusão de FLT.

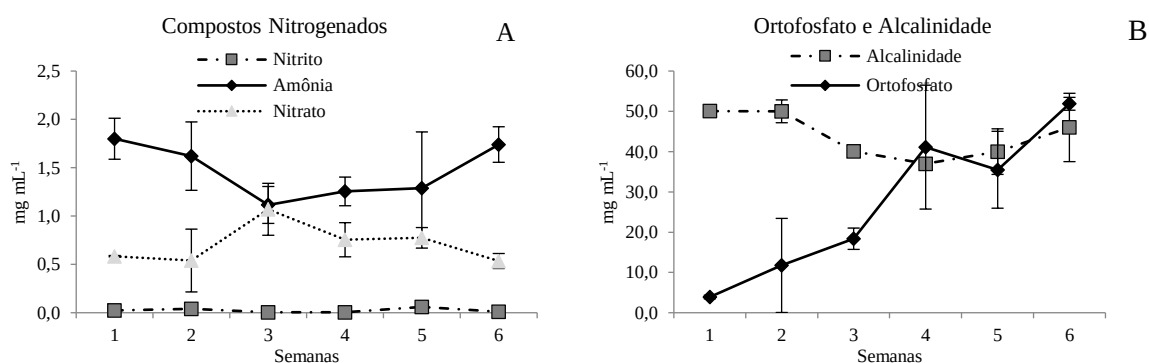


Figura 1. Valores de amônia total, nitrito, nitrato (A), ortofosfato e alcalinidade (B) no decorrer das semanas em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

A produtividade (PRO) e a sobrevivência (S) dos animais foi influenciada ($P < 0,05$) de forma linear pelos níveis de FLT na ração. Embora estas variáveis tiveram efeito linear decrescente, com redução da S e da PRO, o modelo Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados por apresentar menor valor na soma dos quadrados do resíduo. Para a PRO ocorreu um Plateau (Figura 2), para $4,17 \text{ kg m}^3$ em um nível de inclusão correspondente de 11,68% de inclusão de FLT. O mesmo ocorreu para a sobrevivência (S) a qual apresentou resposta linear e o modelo LRP se ajustou melhor aos dados, com um Plateau com 90% de sobrevivência com nível de até 10,68% de inclusão de FLT (Figura 2).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

	Inclusão de FLT (%)					CV %
	0	5	10	15	20	
PF, g ⁽¹⁾	8,36	9,41	9,44	9,44	10,37	5,60
GDP, g ⁽¹⁾	6,29	7,33	7,34	7,37	8,27	7,01
CDR, g ⁽¹⁾	9,07	9,78	9,39	9,73	9,96	1,38
CA ⁽¹⁾	1,44	1,34	1,28	1,32	1,21	5,54
TCE, % ⁽¹⁾	3,32	3,60	3,57	3,61	3,80	3,24
S, % ⁽²⁾	96,67	83,33	90,00	73,33	53,33	24,59
PRO, kg m ³ ⁽²⁾	4,26	4,09	4,47	3,59	2,87	20,78

⁽¹⁾ Efeito linear ($P<0,05$): TCE = $3,39+0,02FLT$ (R^2 : 0,81); CDR = $9,24+0,03FLT$ (R^2 : 0,60); CA = $1,42-0,01FLT$; (R^2 : 0,78); PF = $8,59+0,08FLT$ (R^2 : 0,81); GDP = $6,52+0,08FLT$ (R^2 : 0,81);

⁽²⁾ Linear response plateau ($P<0,05$): S = $-3,6667FLT+127,222$; Plateau = 90; PRO = $-0,1601FLT+6,0433$; Plateau = 4,1724. PF = peso final; GDP = ganho de peso; CDR = consumo de ração CA = conversão alimentar; TCE = taxa de crescimento específico; S = sobrevivência; PRO = produtividade; CV = coeficiente de variação;

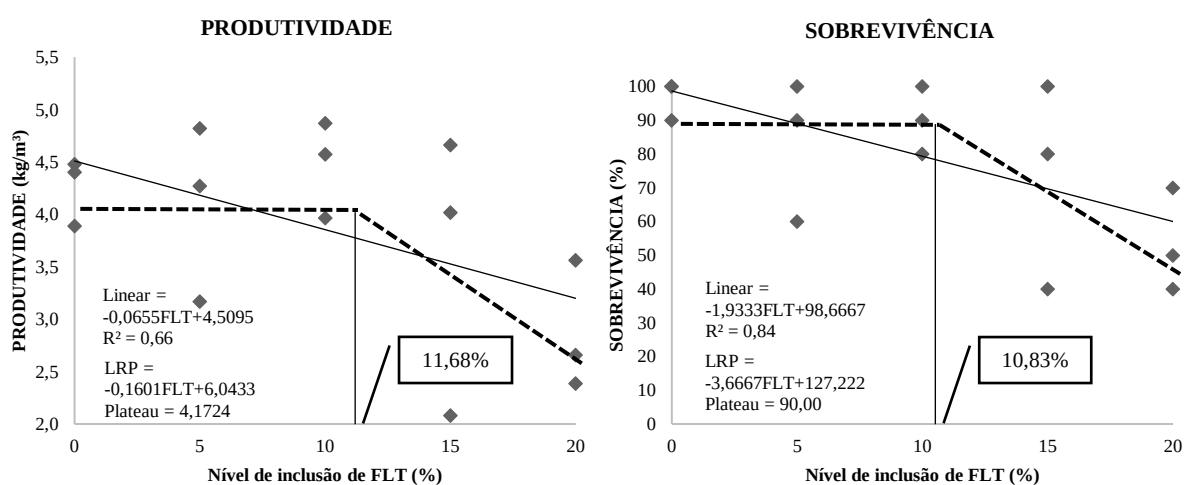


Figura 2. Nível de farinha de larvas de tenébrio na ração adequado para maximizar a produtividade e sobrevivência, estimado por meio do primeiro intercepto da equação linear com o Plateau do LRP para tilápias em berçário.

Para índice hepatossomático (IHS) houve efeito linear crescente ($P<0,05$) para a inclusão de FLT (Tabela 4). O tratamento de 15 e 20% de FLT tiveram IHS 26,3 e 33,7% superiores ao nível 0%. Para fator de condição (FC), rendimento de carcaça (REND) e para índice viscerossomático (IVS) não houve efeito ($P>0,05$) com a inclusão de FLT (Tabela 4).

Tabela 4. Fator de condição (FC), índice hepatossomático (IHS), índice viscerossomático (IVS) e rendimento de carcaça (REND) de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

	Inclusão de FLT (%)					CV (%)
	0	5	10	15	20	
FC	1,60	1,69	1,75	1,71	1,72	10,34
IHS, % ⁽¹⁾	1,75	1,88	2,10	2,21	2,34	23,83
IVS, %	9,19	9,24	9,52	9,93	9,50	11,55
REND, %	90,81	90,76	90,48	90,07	90,50	1,21

⁽¹⁾ Efeito linear ($P < 0,05$): $IHS = 1,75 + 0,03FLT$ ($R^2: 0,99$). FC= fator de condição; IHS= índice hepatossomático; IVS= índice viscerossomático; REND= rendimento de carcaça.

Em relação a hematologia, houve diferença ($P < 0,05$) na porção figurada apenas para eritrócitos, no qual a inclusão de FLT apresentou efeito quadrático com ponto de máxima de 4,5% de inclusão de FLT. Para trombócitos e leucócitos não houve diferença ($P < 0,05$), bem como na contagem diferencial de leucócitos (linfócitos, neutrófilos, monócitos, eosinófilos e basófilos) (Tabela 5). As análises bioquímicas do sangue de tilápias (colesterol e glicose) não apresentaram diferença ($P > 0,05$) apesar das oscilações (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros bioquímicos e hematológicos de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

	Inclusão de FLT (%)					CV (%)
	0	5	10	15	20	
Colesterol, mg dL ⁻¹	150	150	154	172	154	5,88
Glicose, mg dL ⁻¹	51,50	40,50	52,50	40,00	44,50	4,37
Hematócrito, %	26,33	21,33	29,83	24,50	20,50	10,84
Eritrócitos, x10 ⁶ µL ⁻¹ (2)	1,73	2,43	2,34	2,77	2,02	10,35
Proteína, g dL ⁻¹	6,42	6,50	6,32	6,65	7,12	5,98
Leucócitos, x10 ³ µL ⁻¹	34,06	38,89	24,86	28,91	38,33	31,48
Trombócitos, x10 ³ µL ⁻¹	15,10	15,70	20,62	10,79	8,08	44,21
Linfócitos, x10 ³ µL ⁻¹	32,44	36,28	22,48	27,15	35,16	31,66
Neutrófilos, x10 ³ µL ⁻¹	0,98	1,16	1,26	0,77	1,40	53,87
Monócitos, x10 ³ µL ⁻¹	0,77	1,24	1,19	1,17	1,96	50,38

(2) Efeito quadrático (P<0,05): Eritrócitos: $1,7314FLT^2 + 0,1548FLT - 0,0068$ (R²: 0,77).

Como foi utilizado um composto dos animais de cada tratamento não houve repetição da composição centesimal das carcaças dos animais (utilizado um “pool”). Para MM e PB não houve diferença (P>0,05), porém para MS e EE houve diferença (P<0,05) (Tabela 6). Nota-se uma correlação positiva entre EE e MS, os dois crescentes conforme o nível de inclusão de FLT (Figura 3).

Tabela 6. Composição de carcaça de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

	Inclusão de FLT (%)					CV (%)
	0	5	10	15	20	
Matéria seca, % (1)	25,22	25,09	25,61	26,85	27,70	4,35
Matéria mineral, %	15,64	15,56	15,31	13,92	14,38	5,14
Proteína bruta, %	54,45	52,18	56,92	50,43	52,31	4,68
Extrato etéreo, % (1)	24,11	26,12	25,55	33,08	33,95	16,07

(1) Efeito linear (P<0,05): MS = $0,1344FLT + 24,75$ (R²= 0,87); EE = $0,5328FLT + 23,234$ (R²= 0,84)

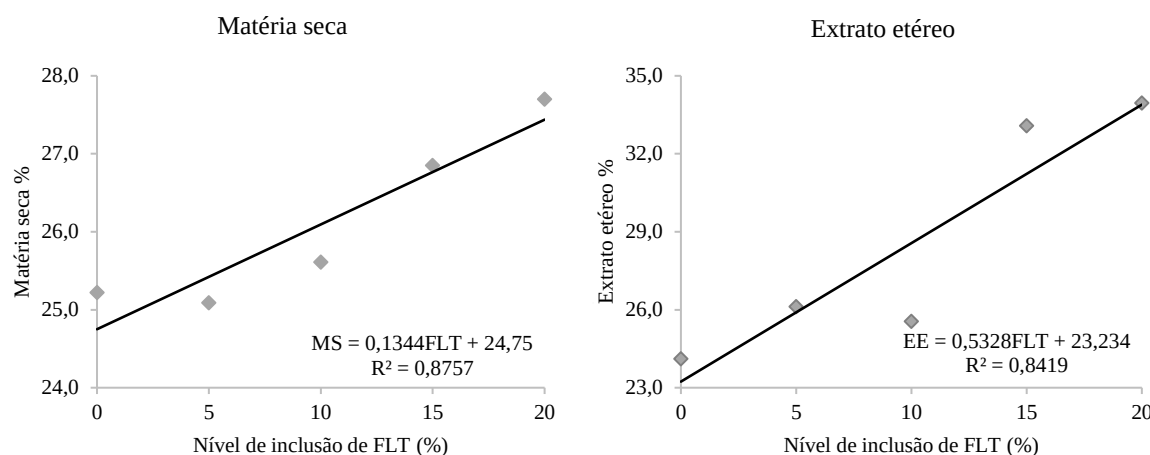


Figura 3. Variação da matéria seca e do extrato etéreo da carcaça de tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

Na Tabela 7 estão presentes os resultados das análises de composição centesimal da FLT e do bioflocos, bem como a análise de ácidos graxos e micotoxinas da FLT. A FLT apresentou baixo teor de MM (8,47%), valores consideráveis de PB (40,83%) e alto teor de EE (25,51%), bem como EB (5750 kg cal⁻¹). O bioflocos coletado apresentou alto teor de MM (33,49%), um bom teor de PB (21,30%) e baixos teores de EE (3,16%) e EB (3245 kg cal⁻¹). O perfil de ácidos graxos da FLT foi praticamente de ácidos graxos saturados de cadeia longa, com predominância de ácido palmítico (C16: 0) com 76% e ácido mirístico (C14: 0) com 16%, estes dois compreendem 92% do perfil de AG. A concentração de micotoxinas na FLT foi considerada baixa.

Tabela 7. Composição centesimal da farinha de larvas de tenébrio (FLT) e do bioflocos proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema bioflocos.

Variáveis	FLT	BIOFLOCOS ¹
Matéria Seca, %	92,89	95,58
Matéria Mineral, %*	8,47	33,49
Proteína Bruta, %*	40,83	21,30
Extrato Etéreo, %*	25,51	3,16
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹ ²	5750	3245
C12: 0 Ácido Láurico, %	0,47	NA
C14: 0 Ácido Mirístico, %	4,17	NA
C16: 0 Ácido Palmítico, %	19,39	NA
C18: 0 Ácido Esteárico, %	2,45	NA
C18: 1 Ácido Oleico, %	0,00	NA
C18: 2 Ácido Linoleico, %	3,26	NA
C18: 3 Ácido Linolênico, %	0,00	NA
C20: 4 Ácido Araquidônico, %	0,00	NA
C20: 5 Ácido Eicosapentaenoico, %	0,12	NA
C22: 6 Ácido Docosaexaenoico, %	0,00	NA
Micotoxinas		
Aflatoxinas, ppb	0,50	NA
Fumonisin, ppb	ND	NA
Deoxynivalenol, ppb	200	NA
Zearalenona, ppb	<25	NA
T2, ppb	<25	NA

*valores corrigidos para matéria seca. ¹ Bioflocos concentrado por decantação e seco em estufa (55 °C). ² Valor estimado de energia bruta. $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$. NA= não analisado; ND – não detectado de acordo com a sensibilidade do método.

A abundância e composição taxonômica de diferentes microrganismos associados ao bioflocos semanalmente monitorados no macrocosmo são apresentados na Figura 4. Foram identificados cinco grupos de organismos com maior abundância: protozoários, rotífera, dinoflagelados, diatomáceas e microalgas. Todos os microrganismos identificados apresentaram oscilação no número de organismos por mL durante as semanas experimentais, principalmente nas semanas finais, com predominância de protozoários e microalgas.

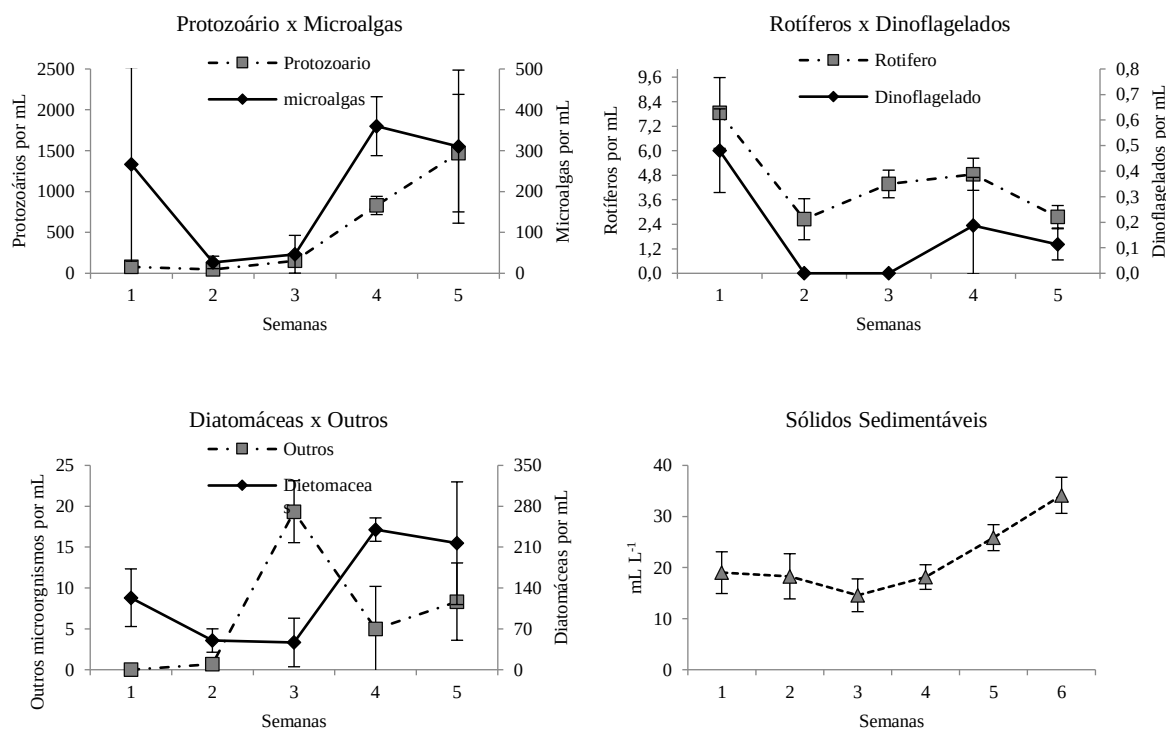


Figura 4. Abundância, número de microrganismos por mL⁻¹ e sólidos sedimentáveis durante as semanas no macrocosmo do sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

DISCUSSÃO

A farinha de larvas de tenébrio (FLT) utilizada para a formulação das dietas experimentais continha elevado teor de extrato etéreo (Tabela 6), diferentemente do laudo fornecido no momento da compra, e como tal afetou o teor de extrato etéreo das dietas experimentais. O teor de extrato etéreo dietético aumentou conforme inclusão de FLT, com variação de 11,53 a 15,35% na MS (Tabela 1). Isto influenciou a energia bruta (kcal kg⁻¹) das dietas, a relação EB: PB, bem como o EE das carcaças. Outros autores também relataram altos valores de extrato etéreo em farinhas de insetos que impossibilitou as dietas serem isolipídicas (OGUNJI *et al.*, 2008).

A predominância de ácidos graxos saturados de cadeia longa (C14:0 e C16:0) foram diferentes dos encontrados por SÁNCHEZ-MUROS *et al.* (2015), que evidenciaram uma maior concentração de ácidos graxos monoinsaturados C18:1 (48,5%) e poli-insaturados C18:2 (30,25%), o que sugere que conforme a alimentação ocorra a modulação do perfil de ácidos graxos das larvas de tenébrio, que pode ser um prenúncio para a inclusão de EPA e DHA de ingredientes de menor qualidade.

Os valores de micotoxinas encontrados são considerados aceitáveis para ingredientes de rações conforme normativas do MAPA, porém fica claro a falta de informações quantitativas de micotoxinas para tilápias e demais espécies (ATAYDE *et al.*, 2014).

Já o teor de proteína bruta (40,83%) foi inferior a outros estudos com FLT, (BELFORTI *et al.*, 2015; GASCO *et al.*, 2016) que encontraram valores de PB superiores a 50%, porém menores níveis de EE que no presente estudo. Neste contexto, dentre os principais ingredientes proteicos utilizados na aquicultura, a FLT ficaria num patamar mais baixo, sendo superados por alguns ingredientes mais tradicionais, como farinha de peixe, farelo de soja, concentrado proteico de soja, farinha de vísceras, farinha de penas e farinha de sangue (FURUYA, 2010).

Em BFT, a composição centesimal do bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida, seus hábitos alimentares, a presença de microrganismos específicos, as condições e tempo de cultivo (AVNIMELECH, 2007). As tilápias podem alimentar-se do bioflocos (EKASARI *et al.*, 2014) e a composição nutricional (Tabela 7) foi abaixo do requerimento para a espécie (FURUYA, 2010).

Os parâmetros físico-químicos da água como temperatura, oxigênio dissolvido e pH (Tabela 2) permaneceram dentro dos limites recomendado para o cultivo da espécie em todos os tratamentos (POPMA e MASSER, 1999; EL-SAYED e KAWANNA, 2008). Oscilações encontradas nas variáveis de qualidade de água avaliadas no experimento são possivelmente relacionadas a aplicações de cal hidratada e de melaço de cana, que acabam por oscilar os valores de pH e oxigênio dissolvido. AZIM e LITTLE (2008) corroboram este fato, que relataram a ocorrência de oscilações de pH entre 5,0 e 8,5 durante um cultivo em BFT com tilápias.

Em relação aos compostos nitrogenados (Figura 1) os mesmos apresentaram pequenas oscilações durante o experimento. Notou-se um comportamento antagônico do nitrato em relação a amônia, o que é esperado para sistemas BFT (AVNIMELECH, 2015). A diminuição da amônia nas primeiras semanas experimentais pode estar relacionada a aplicação da fonte de carbono (melaço de cana). Vale ressaltar que foi utilizado inóculo de um sistema com bioflocos previamente estabelecido e mantidos por quatro semanas, no qual as comunidades microbianas possivelmente estabeleceram um equilíbrio, o que pode ter contribuído para a manutenção dos níveis baixos dos compostos nitrogenados (MCABEE *et al.*, 2003).

Os valores de alcalinidade (Figura 1) oscilaram durante o experimento ocasionado pelo consumo desta no sequestro de N-amoniaco por bactérias heterotróficas e nitrificantes (EBELING *et al.*, 2006), a utilização de cal hidratada teve excelente resultado para a manutenção da alcalinidade do sistema, que corrobora FURTADO *et al.* (2011). Já o ortofosfato

teve um acúmulo esperado ao longo do tempo (WASIELESKY *et al.*, 2006), principalmente por se tratar de um sistema com troca zero de água e por considerar a aplicação inicial do inóculo já maturo rico em nutrientes. Uma pequena oscilação na quinta semana (Figura 1), visto a necessidade de reposição da água perdida por evaporação.

A concentração de SS nos tanques BFT deve ser bem controlada, porque está intimamente relacionada com a estabilidade química do sistema e oclusão das brânquias dos peixes (RAY *et al.* 2010). Em nosso estudo, buscou-se manter o nível SS abaixo de 50 mL L⁻¹ (HARGREAVES, 2013), no qual o sedimentador era acionado quando os valores se aproximavam de 30 mL L⁻¹. LONG *et al.* (2015) aponta que há necessidade de mais estudos para estabelecer níveis ótimos de SS para tilápias. Destacamos que nenhum dano as brânquias foi observado nos animais durante o experimento.

Os resultados do desempenho zootécnico (Tabela 3) demonstraram que nas variáveis com avaliação individual (por peixe) ocorre melhoras com a inclusão de FLT, provavelmente ocasionada pelas mortalidades que ocorreram, o que gerou maior consumo de ração (apesar de controlada semanalmente com o ajuste do fornecimento por percentual de biomassa), menor densidade e competição na unidade experimental. Como exemplo, os melhores valores obtidos para CA e TCE foram com os níveis de mais alto de inclusão. Outra hipótese pode estar relacionada a digestibilidade da FLT, ADESULU e MUSTAPHA (2000) sugeriram que a natureza da composição das larvas pode contribuir para isso. A alta relação energia: proteína também pode ter contribuído, além de que o maior nível de EE possa ter prejudicado algum mecanismo de digestão.

Estudos realizados por JABIR *et al.* (2012) com substituição da farinha de peixe por tenébrio gigante (*Zophobas morio*) para tilápias, obtiveram CA e GDP melhores ao controle, com valores ideais de substituição de 25%, que correspondeu a 7,5% de inclusão de farinha de tenébrio gigante na dieta, comportamento similar de desempenho encontrado neste estudo, porém com sobrevivência de 100% em todos os tratamentos.

Já para variáveis de avaliação coletiva (por caixa), o comportamento foi diferente. O plateau encontrado para produtividade está completamente relacionado ao plateau de sobrevivência. Níveis superiores à 10,83% de inclusão de FLT ocasionaram queda linear na sobrevivência, e consequentemente, na produtividade. Vale ressaltar que essas mortes não foram atribuídas a alguma doença ou patógeno. Baixas taxas de sobrevivência também foram relatadas por outros autores que trabalharam com farinha de insetos, como por exemplo, larvas de moscas domésticas (IDOWU *et al.*, 2003; AJANI *et al.*, 2004). OGUNJI *et al.* (2008) relataram que com o nível de inclusão acima de 45% tiveram sobrevivência de cerca de 70%.

RONCARATI *et al.* (2015) realizaram a substituição de 50% da farinha de peixe por FLT para catfish comum (*Ameiurus melas Raf*) e, além de desempenho inferior, detectaram queda de aproximadamente 9% da sobrevivência comparado ao controle (0% de FLT). Contrariamente para truta (*Oncorhynchus mykiss*) houve aumento da sobrevivência com inclusão de FLT, porém menor desempenho, digestibilidade e alteração no perfil de ácidos graxos do filé (BELFORTI *et al.*, 2015). Estes dados sugerem que nas fases iniciais a FLT tem efeito sobre a sobrevivência que não é pronunciado nas fases finais.

Em juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), a inclusão de 25% de FLT não afetou performances de crescimento, enquanto um nível de inclusão mais elevada (50%) comprometeu o ganho de peso (GASCO *et al.*, 2016); Resultados semelhantes foram obtidos em juvenis de dourada (*Sparus aurata*), a qual inclusões de 25 a 50%, comprometeram ganho de peso, taxa de crescimento específico, a eficiência de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica (PICCOLO *et al.*, 2014).

Face ao exposto, algumas hipóteses podem ser utilizadas para suportar os resultados negativos da inclusão de FLT como: i) excesso de extrato etéreo da FLT (25,51%); ii) desbalanço de aminoácidos; iii) presença de micotoxinas e de possíveis fatores antinutricionais presentes na FLT, como a quitina (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015) e a produção endógena de toxina 1,4-benzoquinona em *Tenebrio sp.* Relatada por EL-KASHLAN *et al.* (1996); Estes fatores isolados ou combinados podem comprometer o sistema imune do animal (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015), com reflexos, por exemplo, nas taxas de sobrevivência. Assim, mais estudos são necessários para elucidar estes pontos.

As avaliações dos componentes sanguíneos dos peixes podem auxiliar na determinação do bem-estar do animal ou de interferências na sua homeostase, bem como distúrbios nutricionais (HASHIMOTO *et al.*, 2016). Os eritrócitos têm como função o transporte sanguíneo de oxigênio e gás carbônico (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2013), apresentaram-se acima do intervalo de referência (1,120-1,715) reportados para a espécie (DIAS *et al.*, 2009) nas dietas com presença de FLT. O efeito quadrático com ponto de máxima de 4,5% demonstra um potencial “estressor” da FLT. Acima de 10% houve queda de eritrócitos possivelmente pela mortalidade de animais menos tolerantes a FLT.

Na composição das carcaças (Tabela 6) o comportamento similar entre o EE e a MS (Figura 3), pode estar associada a propriedades dos lipídeos, que quando depositados na carcaça são menos solubilizados que a proteína (VAN DER MEER *et al.*, 1997). A maior deposição de EE foi relacionada ao teor de lipídeos real das dietas que aumentou com a inclusão de FLT, conforme citado por LANNA *et al.* (2004), que corrobora ao nível de colesterol, eritrócitos e

IHS, que pode ter influenciado a mortalidade. A seleção das tilápias mais fortes pode ser outra explicação, as quais tendem a crescer mais rapidamente e passar velozmente para a curva de deposição de gordura, que costuma ser a segunda curva de deposição de maior intensidade, depois da curva de PB.

Em relação ao perfil de invertebrados ou microrganismos, resultados indicam uma variação na densidade ao longo do tempo (Figura 4). A variação temporal da densidade e diversidade dos microrganismos pode estar relacionado a vários fatores como fonte de carbono utilizada, consumo pelos peixes, intensidade luminosa, predação e/ou competição do substrato com as bactérias e outros organismos (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

As baixas abundâncias de protozoários na primeira e segunda semana pode estar relacionado a fatores ecológicos e fatores físico-químicos da água, com o passar das semanas estes acabaram por apresentarem maior concentrações. Nas últimas semanas experimentais, nota-se um aumento nas populações, similar ao volume de sólidos sedimentáveis (Figura 4). Rotíferos foram encontrados em baixa concentração, e estão frequentemente associados ao bioflocos, sendo responsáveis pela fragmentação dos flocos e consumo das bactérias aderidas (LOUREIRO *et al.*, 2012).

As concentrações de microalgas foram superiores as diatomáceas, conforme encontrado por RAY *et al.* (2010) em sistemas BFT. Os altos valores de microalgas e diatomáceas pode estar relacionada a baixas concentrações de rotíferos, que são os predadores naturais das mesmas (KUANG *et al.*, 2004). Por outro lado, MONROY-DOSTA *et al.* (2013) evidenciaram as clorófitas como sendo as microalgas mais abundantes apenas na fase de colonização do bioflocos, seguidas da predominância de diatomáceas e cianobactérias. Essas diferenças podem ser pela qualidade e quantidade de nutrientes no meio, ou as farinhas de inseto, de alguma maneira, inibirem a diversidade ou densidade de microrganismos.

Deste modo inclusão de FLT no berçário de tilápias foi limitada pelo teor de extrato etéreo, assim a FLT deve ser usada estrategicamente. Dados fornecidos pelo fabricante não corroboraram com os dados das análises, sendo que o EE analisado foi cerca de cinco vezes superior ao informado. A heterogeneidade para este tipo de produto pode ser resultado dos diferentes estágios das larvas utilizadas na produção da farinha. Para seus benefícios máximos o teor de EE do lote a ser utilizado deve ser considerado.

CONCLUSÃO

Recomenda-se o uso da FLT na fase de berçário de tilápias no máximo de 10% sem afetar desempenho, índices somáticos, hematológicos e de composição de carcaça. Níveis superiores a 10% ocasionam queda de produtividade, mortalidades, aumento de lipídeos e IHS na carcaça, consequência do alto teor lipídico e fatores antinutricionais presentes da FLT.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projetos 2013TR3406 e 2015TR453), ao programa UNIEDU/FUMDES, ao Carlos Mario Rivera Narváez - University of Antioquia Medellín/Colômbia, À Vetanco-Brasil, a Piscicultura Panamá, ao LAQUOS – UFSC em especial ao professor Maurício Martins e ao Willian, à professora Gabriela Hashimoto e todo staff do LAQ-UDESC, informamos que não houve conflito de interesse e que a participação no trabalho foi completamente imparcial.

REFERÊNCIAS

- ADESULU, E.A.; MUSTAPHA, A.K. 2000 Use of housefly maggots as a fishmeal replacer in tilapia culture: a recent vogue in Nigeria. In: 5th International Symposium on Tilapia Aquaculture, Rio de Janeiro, Brasil, 1, 138.
- AJANI, E.K.; NWANNA, L.C.; MUSA, B.O. 2004 Replacement of fish meal with maggot meal in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *World Aquaculture*. 35, 52–54.
- AOAC. 2000 *Official methods of analysis*, 16th edn. AOAC International, Washington, DC, USA.
- ATAYDE, H.M.; DE OLIVEIRA, I.M.D.A.; INHAMUNS, A.J.; FRANCISCA, M.; TEIXEIRA, S. 2014 Fungos toxigênicos e micotoxinas na alimentação de peixes: uma revisão. *Scientia Amazonia*, 3(3), 59-71.
- AVNIMELECH, Y. 2006 Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural engineering*, 34(3), 172-178.
- AVNIMELECH, Y. 2007 Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264, 140–147.
- AVNIMELECH, Y. 2015 *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 3. ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge: Louisiana, EUA,
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C. 2008 The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35.
- BARNES, R.D. 1990 *Zoologia dos invertebrados*. 4. Ed. São Paulo: Roca, 1179.

- BELFORTI, M.; GAI, F.; LUSSIANA, C.; RENNA, M.; Malfatto, V.; ROTOLO, L.; DE MARCO, M.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L. 2015 *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4170.
- COTTON, R.T. 1927 Notes on the biology of the meal worms, *Tenebrio molitor* Linne and *T. obscurus* Fab. *Annals of the Entomological Society of America*, 20(1), 81-86.
- DIAS, M.T.D.; ISHIKAWA, M.M.; MARTINS, M.L.; SATAKE, F.; HISANO, H.; DE PÁDUA, S.B.; SANT'ANA, A.R. 2009 *Hematologia: ferramenta para o monitoramento de estado de saúde de peixes em cultivo*. SARAN NETO, A.; MARIANO, W.S.; SÓRIA, S.F.P. (Org.). Tópicos especiais em saúde e criação animal, São Carlos: Pedro & João Editores.
- EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. 2006 Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1), 346-358.
- EKASARI, J.; ANGELA, D.; WALUYO, S.H.; BACHTIAR, T.; SURAWIDJAJA, E.H.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. 2014 The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426-427, 105-111.
- EL-KASHLAN, I.H.; HELAL, E.; EL-HAMID, A.; ABDELLATIF, M.A. 1996 Teratogenicity and embryotoxicity of 1,4- benzoquinone and wheat flour infested with Tenebrionid beetles on mice. *Journal of King Saud University*, 8, 121-133.
- EL-SAYED, A.F.M.; KAWANNA, M. 2008 Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. *Aquaculture*, 280(1), 179-184.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E.L.C.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W. 2012 Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43, 447-457.
- EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. 2013 Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization, Dr. Miodrag Darko Matovic (Ed.), InTech.
- FAO. 2015 Insects for food and feed. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>> acesso em 02 de novembro de 2015.
- FINKE, M.D. 2002 Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* 21, 269-285.
- FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. 2011 Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321(1), 130-135.
- FURUYA, W.M. 2010 *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. GFM. Toledo, 100.
- GAI, F.; GASCO, L.; DAPRÀ, F.; PALMEGIANO, G.B.; SICURO, B. 2012 Enzymatic and histological evaluations of gut and liver in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed with rice protein concentrate based diets. *Journal World Aquaculture Society*, 43, 218-229.
- GASCO, L.; HENRY, M.; PICCOLO, G.; MARONO, S.; GAI, F.; RENNA, M.; LUSSIANA, C.; ANTONOPOULOU, E.; MOLA, P.; CHATZIFOTIS, S. 2016 *Tenebrio molitor* meal in

diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45.

GATLIN, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURE, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. 2007 Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38, 551-579.

HARDY, R.W. 2010 Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal: review article. *Aquaculture Research*, USA, 41(5), 770-776.

HARGREAVES, J.A. 2013 Biofloc production systems for aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center*.

HASHIMOTO, G.S.O.; NETO, F.M.; RUIZ, M.L.; ACCHILE, M.; CHAGAS, E.C.; CHAVES, F.C.M.; MARTINS, M.L. 2016 Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. *Aquaculture*, 450, 182-186.

IDOWU, A.B.; AMUSAN, A.A.S.; OYEDIRAN, A.G. 2003 The response of *Clarias gariepinus* fingerlings (Burchell 1822) to the diet containing Housefly maggot (*Musca domestica* L.). *Nigerian Journal of Animal Production*, 30(1), 139-144.

JABIR, M.D.A.R.; RAZAK, S.A.; VIKINESWARY, S. 2012 Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology*, 11(24), 6592-6598.

KIM, N.J. 2014 Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae. *International Journal of Industrial Entomology*, 27(2), 5-9.

KUANG, Q.; BI, Y.; XIA, Y.; HU, Z. 2004 Phytoplankton community and algal growth potential in Taipinghu reservoir. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 9, 119-124.

KUMAR, S.; SÁNDOR ZS, J.; NAGY, Z.; FAZEKAS, G.; HAVASI, M.; SINHA, A.K.; DE BOECK, G.; GÁL, D. 2017 Potential of processed animal protein versus soybean meal to replace fish meal in practical diets for European catfish (*Silurus glanis*): growth response and liver gene expression. *Aquaculture Nutrition*.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; CECON, P.R.; BARROS, M.M. 2004 Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 2177-2185.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. 2015 Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448, 135-141.

LOUREIRO, K.C.; WILSON W.J.; ABREU, P.C. 2012 Utilização de protozoários, rotíferos e nematódeos como alimento vivo para camarões cultivados no sistema BFT. *Atlântica*, 34(1), 5-12.

MANCUSO, T.; BALDI, L.; GASCO, L. 2016 An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: the Italian case. *Aquaculture International*, 1-19.

MARTINS, M.L.; PILARSKY, F.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; FENERICK JR., J.; RIBEIRO, K.; MYIAZAKI, D.M.Y.; CASTRO, M.P.; MALHEIROS, E.B. 2004 Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida

aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. *Boletim do Instituto de Pesca*, 30(1), 71-80.

MCABEE, B.J.; BROWDY, C.L.; RHODES, R.J.; STOKES, A.D. 2003 The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. *Global Aquaculture Advocate*, 6(4), 40-43.

MONROY-DOSTA, M.; LARA-ANDRADE, R.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; EMERENCIANO, M.G.C. 2013 Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, 511-520.

OGUNJI, J. O.; KLOAS, W.; WIRTH, M.; NEUMANN, N.; PIETSCH, C. 2008 Effect of housefly maggot meal (maggot meal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(4), 511-518.

PAYNE, C.L.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. 2016 A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology*, 47, 69-77.

PICCOLO, G.; MARONO, S.; GASCO, L.; IANNACCONE, F.; BOVERA, F.; NIZZA, A. 2014 Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. *Insects to Feed the World*, 14-17.

POPMA, T.; MASSER, M. 1999 *Tilapia—Life history and Biology*. Southern Regional Aquaculture Center Publication, 283.

PORTZ, L.; DIAS, C.D.S.; CYRINO, J.E.P. 2000 Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. *Scientia Agricola*, 57(4), 601-607.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; DE PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M.I. 2013 *Métodos para análise hematológica em peixes*. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.

RAY, A.; VENERO, J.; BROWDY, C.; LEFFLER, J. 2010 Simple settling chambers aid solids management in biofloc system. *Global Aquaculture advocate*, 28-30.

RONCARATI, A.; GASCO, L.; PARISI, G.; TEROVA, G. 2015 Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed mealworm (*Tenebrio molitor*) diet. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 233-240.

ROSENFELD, G. 1947 Corante pancrômico para hematologia e citologia clínica: nova combinação dos componentes de May-Grunwald e do Giemsa num só corante de emprego rápido. *Memórias do Instituto Butantan*, 20, 329-335.

SÁNCHEZ-MUROS, M^a.J.; HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C.E.; VILLARECES, S.; BARROSO, F.G. 2015 Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235.

VAN DER MEER, M.B.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. 1997 Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum*. *Aquaculture Research*, 28, 405-417.

VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C.M.M.; OTTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. 2012 Insects as a sustainable feed

ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Rapport 638 - *Wageningen Livestock Research*.

WANG, H.C.; LIAO, H.Y.; CHEN, H.L. 2012 *Tenebrio* small-scale ecological farming feasibility study. *Advanced Materials Research*, 267-270.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. 2006 Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 258(1), 396.

ZAR, J.H. 1984. Biostatistical analysis, second ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

MANUSCRITO II**FARINHA DE BARATA CINÉREA *Nauphoeta cinérea* EM DIETAS DE TILÁPIA EM
SISTEMA BIOFLOCOS**

De acordo com normas para publicação em:

Boletim do Instituto de Pesca

FARINHA DE BARATA CINÉREA *Nauphoeta cinérea* EM DIETAS DE TILÁPIA EM SISTEMA BIOFLOCOS

Jiovani Sergio Bee TUBIN¹, Maurício Gustavo Coelho EMERENCIANO²

¹ Mestrando em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil, email: jiovani.tubin@hotmail.com

³ Professor Doutor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Cel. Fernandes Martins, 270, Laguna – SC – Brasil, email: mauricioemerenciano@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo avaliou diferentes níveis de inclusão de farinha de barata (FBA) (*Nauphoeta cinérea*) em dietas de tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema de bioflocos. Foram estudados cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de FBA), com três unidades experimentais (UE) por tratamento. Cada UE foi povoada com 10 tilápias ($3,00 \pm 0,25$ g). Foi utilizado o modelo de macro e microcosmos e um período experimental de cinco semanas. Foram analisados e monitorados o desempenho zootécnico, a qualidade de água, perfil bacteriológico e abundância de microrganismos. Os dados de desempenho zootécnico foram submetidos a análise de regressão até a segunda ordem. Foram identificados quatro grupos de microrganismos e 10 gêneros/espécies no perfil bacteriológico, sendo 7 classificadas como degradadoras e 3 com potencial patogênico. Não houve diferença para conversão alimentar, sobrevivência e produtividade. Houve efeito quadrático com ponto de máximo para ganho de peso e taxa de crescimento específico (TCE). Não se recomenda níveis acima de 15% de FBA para alevinos de tilápia, possivelmente pelo excesso de quitina. O nível ótimo de inclusão de 8,5% de FBA para ganho de peso e TCE.

Palavras-chave: farinha de inseto; ingrediente alternativo; níveis de inclusão; perfil bacteriológico; quitina.

COCKROACH MEAL IN DIETS FOR TILAPIA IN BIOFLOC TECHNOLOGY

ABSTRACT

The present study evaluated different levels of inclusion of cockroach meal (CM) (*Nauphoeta cinérea*) in diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivated in a biofloc system. Five treatments (0, 5, 10, 15 and 20% CM inclusion) were studied, with three experimental units (EU) per treatment. Each EU was populated with 10 tilapias (3.00 ± 0.25 g). We used the macro and microcosm model and a five week experimental period. Zootechnical performance, water quality, bacteriological profile and abundance of microorganisms were analyzed and monitored. The data of zootechnical performance were submitted to regression analysis until the second order. Four groups of microorganisms and 10 genera / species were identified in the bacteriological profile, 7 of which were classified as degrading and 3 with pathogenic potential. There was no difference in feed conversion, survival and productivity. There was a quadratic effect with maximum point for weight gain and specific growth rate (SGR). Levels above 15% CM are not recommended for tilapia fingerlings, possibly for excess chitin. The optimal inclusion level of 8.5% of CM for weight gain and SGR.

Keywords: insect meal; alternative ingredient; levels of inclusion; bacteriological profile; chitin.

INTRODUÇÃO

A produção agropecuária no mundo enfrenta muitos desafios para atender à crescente demanda de produtos de origem animal, como por exemplo a demanda de carne, que em 2050 será 58% maior que a demanda em 2010 (MAKKAR *et al.*, 2014). Segundo a FAO (2014) a aquicultura tem se destacado entre os setores de produção de alimentos, com crescimento médio anual de 8,8% (FAO, 2012).

Dados do ano de 2012 apontam que a metade do pescado consumido no mundo era proveniente da aquicultura (OLSEN e HASAN, 2012) relação que deve se estender para o corrente ano. O Brasil apresentou um crescimento na atividade de 31,2% entre os anos de 2008 e 2010 (MPA, 2012). Perspectivas da FAO para 2025 indicam que a aquicultura no mundo irá crescer 38,8% e no Brasil 104,4% (FAO, 2016). Neste contexto, a principal espécie de peixe cultivada no Brasil é a tilápia (*Oreochromis sp.*), que representa cerca de 45,4% do total de pescado proveniente da aquicultura continental brasileira (IBGE, 2015). No entanto, apesar dos dados expressivos muitas lacunas tecnológicas ainda precisam ser superadas no cultivo desta espécie no país.

Com o aumento da produção aquícola em todo o mundo, as pesquisas voltaram-se ao uso de práticas de cultivo ambientalmente amigáveis, com redução de efluentes, problemas com qualidade de água e o próprio uso exacerbado de água e de terras (MCINTOSH *et al.*, 2000). Dentro destas práticas uma das alternativas de produção que se destacam é o cultivo em bioflocos (“*Biofloc Technology*” – BFT na sua sigla em inglês) (AVNIMELECH, 2009). Estes cultivos se destacam por adotar altas densidades de estocagem com pouca ou nenhuma renovação de água. Para isso, usa-se de aeração e grande movimento de água, que proporciona a formação de uma biota predominantemente aeróbia e heterotrófica (AVNIMELECH, 2007).

A produção comercial de camarões e tilápias já é realizada com sucesso com a tecnologia BFT (WASIELESKY *et al.*, 2006; AVNIMELECH, 2006;). Nos bioflocos estão presentes microrganismos (bactérias filamentosas, protozoários, microalgas, invertebrados) vivos e mortos, fezes, polímeros orgânicos, resíduos de ração que servem como alimento para espécies aquáticas onívoras como as tilápias (AVNIMELECH, 2015), que chega a diminuir em cerca de 30% o consumo da ração (AVNIMELECH, 2007).

Ao pensar na maior sustentabilidade da produção animal a longo prazo, avaliações de ingredientes alternativos são essenciais pois ingredientes convencionais, tais como farelo de soja e farinha de peixes (KHAN *et al.*, 2016), são matérias-primas que têm apresentado preço instável pela demanda de outros segmentos tais como aves, suínos e pet (HARDY, 2010).

Junto com seus derivados, a farinha de peixe e a farinha de soja são duas das fontes de proteína mais utilizados como ingredientes para rações de peixes. No entanto, ambos estão associados com problemas ambientais (p.ex.: exploração dos recursos naturais), econômicos (flutuação de preços de rações) ou na produção (variação da qualidade e quantidade) (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2015). Neste contexto, muitos estudos direcionaram a novas perspectivas nutricionais com ingredientes alternativos. Porém os benefícios e as fraquezas destas fontes ainda são alvo de intensa pesquisa (HARDY, 2010).

Amparado pelos problemas citados anteriormente, é inevitável a busca de alternativas. Assim, o uso de insetos poderia ser uma fonte de proteína na alimentação da aquicultura. A produção em escala comercial de insetos poderia garantir uma produção constante em quantidade, qualidade e preço. Vale ressaltar que o uso dessa fonte para alimentação de animais terrestres e organismos aquáticos já possuem algumas premissas (VELDKAMP *et al.*, 2012; FAO, 2015), e trazem, entre outros, as seguintes vantagens: i) a qualidade nutricional; ii) a não competição com recursos alimentares ou uso da terra; e iii) utilização de “nutrientes de resíduos” ou “sobras energéticas” da produção agroalimentar como fontes nutricionais para o crescimento dos insetos. Adicionalmente, os insetos podem ser cultivados em plantas

industriais e não é preciso de grandes áreas, especialmente quando comparado com as culturas como a soja. Além disso, o uso de insetos contribui para reciclagem natural de nutrientes e poderia ser uma fonte de proteína animal de alta qualidade derivado de uma tecnologia ambientalmente sustentável.

Na literatura temos alguns estudos que utilizaram insetos na alimentação de peixes como: larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) como fonte de proteína para a alimentação de tilápias e de catfish africano (*Clarias gariepinus*) (OGUNJI *et al.* 2008; ANIEBO *et al.*, 2009; EZEWUDO *et al.*, 2015); larvas de borboletas (*Bematistes macaria*) para alimentação de catfish africano híbridos (*Heteroclarias*) (NWAMBA *et al.*, 2012); larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de catfish africano (NG *et al.*, 2001), dourada (*Sparus aurata*) (PICCOLO *et al.*, 2014), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (BELFORTI *et al.*, 2015), robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (GASCO *et al.*, 2016), tilápia do Nilo (*O. niloticus*) SÁNCHEZ-MUROS *et al.* (2015).

Uma espécie de inseto que tem potencial na utilização de dietas em aquicultura é a barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*). No entanto, estudos quanto a sua utilização na alimentação de peixes são escassos. Neste contexto, o objetivo com o presente estudo foi avaliar diferentes níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20%) de farinhas de barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*) na dieta de tilápias em sistema bioflocos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura (LAQ), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizado no município de Laguna, Santa Catarina, Brasil. Os alevinos de tilápias do Nilo (*O. niloticus*) (aprox. 0,5 g) foram obtidos de uma piscicultura comercial (Piscicultura Panamá, Paulo Lopes-SC) e transportados em sacos de transporte específico até o LAQ – UDESC. Ao chegar no laboratório foram aclimatados por quatro semanas em três caixas de 1000 Litros (volume útil de 500 L) com sistema bioflocos (EMERENCIANO *et al.*, 2012), alimentadas com dieta comercial (32% de proteína bruta) até o início do experimento.

Os tratamentos foram constituídos pelo fornecimento de dietas formuladas para conterem cinco níveis crescentes de inclusão de farinha de barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*), sendo eles controle (0%) e 5, 10, 15 e 20% de inclusão de farinha de barata (Tabela 1). Foram utilizadas três repetições por tratamento, com total de 15 unidades experimentais. A FBA foi obtida através de uma empresa especializada na produção de farinha de insetos.

As dietas foram formuladas de modo a serem isoproteicas, isoenergéticas, isocalcíticas e isofosfóricas, com a utilização de composição nutricional e exigências nutricionais de tilápias propostas por FURUYA (2010), conforme tabela 1. A formulação e a fabricação das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA-UDESC). Todos os ingredientes foram moídos e peneirados em malha de 300 µm, pesados, em seguida misturados e peletizados. Estes foram desidratados em estufa a uma temperatura de 55 °C, por 36 horas. Após a secagem, os pellets foram triturados para formação de partículas com granulometria de ± 1 a 2 mm. As dietas foram formuladas de acordo com os dados nutricionais fornecidas pelo fabricante (farinha de inseto) e conforme FURUYA (2010).

Com o intuito de corroborar a qualidade nutricional, a composição bromatológica (matéria seca, MS; matéria mineral, MM; extrato etéreo, EE; proteína bruta, PB) da farinha de barata, bioflocos e rações experimentais foram realizadas após o término do experimento, conforme metodologia preconizada por SILVA e QUEIROZ (2002). Já a energia bruta foi estimada pela equação $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$. A análise de perfil de ácidos graxos da farinha de barata foi realizada por cromatografia gasosa (AOAC, 2000). Para a coleta dos bioflocos, primeiramente foi concentrado por decantação e após seco em estufa (55 °C).

Tabela 1. Composição das rações experimentais com níveis crescente de farinha de barata para tilápias em sistema bioflocos.

Ingredientes, %	Inclusão de Farinha de Barata (%)				
	0	5	10	15	20
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha de Barata	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Farelo de Soja	47,10	40,10	33,20	26,30	19,50
Milho	21,28	23,48	25,48	27,58	29,80
Farelo de Trigo	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Óleo de Peixe	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de Soja	2,10	2,00	2,00	1,90	1,70
Premix Vitamínico Mineral	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,40	0,30	0,20	0,10	0,00
Fosfato Bicálcico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ácido Propiônico ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Gelatina ⁵	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100	100	100	100	100
Composição calculada ¹					
Proteína Bruta, %	32,02	32,03	32,04	32,02	32,04
Energia Digestível, kcal kg	3213	3221	3228	3239	3247
Fibra bruta, %	4,28	4,33	4,39	4,45	4,5
Cálcio, %	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Fósforo total, %	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Composição analisada ²					
Matéria seca, %	90,17	92,71	90,88	95,01	94,50
Proteína Bruta, %	30,94	29,23	29,30	32,03	32,15
Lipídeos, %	12,08	10,82	12,19	12,93	13,98
Matéria Mineral, %	8,81	11,01	11,43	9,54	9,26
Energia Bruta, kcal kg ³	4883	4700	4755	4913	4982

¹ Valores calculados na composição química e energética propostos por FURUYA (2010).

² Valores analisados conforme metodologias preconizadas por SILVA e QUEIROZ (2002).

³ Valor estimado de energia bruta. EB = (PB x 5,65) + (EE x 9,4) + (ENN x 4,15)] x 10

⁴ Antioxidante; ⁵ Aglutinante.

Com o objetivo de manter a comunidade microbiana do sistema bioflocos durante o período experimental foi realizado um cultivo superintensivo BFT com tilápias da espécie *O. niloticus* numa caixa de 1000 L (denominada macrocosmo). Quatro semanas antes do início do experimento foram adicionados cerca de 300 L de inóculo (água rica em bioflocos) oriundo de um experimento anterior com tilápias em BFT. Para a manutenção da biota microbiana (bioflocos) foi utilizado um protocolo proposto por EMERENCIANO *et al.* (2012) com relação C: N de 15:1 por meio de melaço de cana de açúcar e dieta comercial.

A água utilizada no experimento foi captada da rede de abastecimento de água da cidade (CASAN). Foi utilizado aquecedores de 300 Watts (relação aproximada de 1Watt por litro) com

intuito de manter a água a 28 °C. Para a oxigenação da água e suspensão do floco microbiano, anéis feitos com mangueira microperfurada (70 cm de comprimento) foram dispostos centralmente e no fundo dos macrocosmos; e uma pedra porosa (20 mm de diâmetro e 30 mm de altura) foi alocada centralmente em cada unidade experimental, ambos alimentadas por meio de um soprador de ar radial de 2 cv de potência. A água dos macrocosmos era bombeada (3.500 L h^{-1}) para as unidades experimentais (microcosmos), com retorno por gravidade com vistas a manter a mesma qualidade de água e o mesmo perfil quali-quantitativo de microrganismos em todas as unidades experimentais, que evita que esses fatores interfiram nos tratamentos.

Para a manutenção do bioflocos foi utilizada uma relação carbono-nitrogênio (C: N) em 15:1 no qual foram adicionados três vezes ao dia uma fonte de carbono externa (melaço em pó). Essa relação foi mantida até o final do experimento, considerando a composição nutricional da dieta e da fonte de carbono.

Foram monitorados diariamente (8:00 h) em todos os tratamentos e macrocosmos os parâmetros de pH (YSI-10A, Yellow Springs Instruments Inc., OH, USA), oxigênio dissolvido e temperatura (YSI-55, Yellow Springs Instruments Inc., OH,) e sólidos sedimentáveis (volume de bioflocos mensurado em cone Inhoff). Uma vez por semana as concentrações de amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato foram mensuradas com um fotocolorímetro (ALFAKIT modelo AT 100P, Florianópolis – SC, Brasil). A alcalinidade total foi determinada igualmente duas vezes por semana por titulação volumétrica, com kit comercial (ALFATIK - 2058 e 2460, ALFAKIT, Florianópolis – SC, Brasil).

As unidades experimentais foram povoadas com 10 juvenis de *O. niloticus* com um peso médio de $3,00 \pm 0,25 \text{ g}$ em um delineamento experimental inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e três repetições. Os animais foram estocados em 15 unidades experimentais compostas por caixas plásticas (26 L) com volume útil de $0,019 \text{ m}^3$ (denominados microcosmos). No total foram povoados 10 peixes por unidade experimental, com densidade de 526 tilápias por m^3 .

As tilápias foram alimentadas três vezes ao dia (8:00, 13:30 e 18:00h). As dietas foram fornecidas de acordo com a biomassa, com ajustes semanais de acordo com as biometrias. Ao final do experimento, todos as tilápias passaram por biometria para avaliar: Peso Final (PF) (g); ganho de peso: $\text{GDP} = (\text{peso final} - \text{peso inicial})$; Conversão Alimentar: $\text{CA} = \text{consumo de ração em um período de tempo} / \text{ganho de peso}$; Taxa de Crescimento Específico: $\text{TCE} = (100 \times \{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}\} / \text{dias de experimento})$; Sobrevivência: $\text{S} = (\text{número final} / \text{número inicial}) \times 100$; e Produtividade: $\text{PRO} = (\text{Kg m}^{-3})$.

Ao longo das seis semanas experimentais, foram coletadas amostras de água com o objetivo de caracterizar a composição da comunidade microbiana presente no sistema BFT. Uma vez por semana, foram coletadas três amostras de 50 mL de água em cada macrocosmo, com total de 18 amostras. Estas foram fixadas (formol 4%) e coradas com rosa de bengala (1%) para posterior contagem e identificação dos organismos presentes. A contagem e identificação dos invertebrados foi realizada com o auxílio de uma lupa estereoscópica (BIOPTIKA L20T, Bioptika, Colombo-PR, Brasil) e uma placa de petri reticulada. Já para os microrganismos foram feitas duas sub-amostras homogêneas de 1 mL cada. Essas amostras foram triadas com utilização de três linhas e três colunas da câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico (20x), (AZIM e LITTLE, 2008; EMERENCIANO *et al.*, 2013). Os microrganismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível com bibliografia específica (BARNES, 1990).

Foi realizada coleta semanal de amostras para caracterização e contagem da comunidade bacteriana (parceria com a Universidade Autônoma Metropolitana, UAM-México), conforme metodologia proposta por APHA (1992). De cada amostra, utilizou-se 1 mL e inoculou-se em 90 mL de solução salina estéril, para posteriormente efetuar diluições 1:10 e colocar 0,1 mL em placas de ágar MSR (Man-Rogosa Sharpe), BHI (Infusión Cerebro-Corazón), TCBS (Tiosulfato-Citrato-Sales Biliares) e TSA (Trypticase-soja), todo em triplicado. As cepas isoladas foram identificadas mediante a detecção do gen 16S de RNAr, com kit para extração de DNA genômico.

Os dados do presente trabalho foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e transformados se não normais pela equação $x = \arcsen \sqrt{x / 100}$ (ZAR, 1984). Os resultados foram avaliados de acordo com o modelo: $Y_i = \mu + T_i + e_i$ em que: μ = constante geral; T_i = nível de inclusão de farinha de barata no qual $i = 0\%; 5\%; 10\%; 15\%, 20\%$, e = erro aleatório. No caso de efeito os graus de liberdade referentes às variáveis foram desdobrados em polinômios ortogonais para obtenção das equações de regressão (SOKAL e ROHLF, 1995). Para as variáveis que apresentarem efeito quadrático as equações foram derivadas para determinar o ponto ótimo.

RESULTADOS

Os resultados referentes a qualidade de água estão apresentados na Tabela 2. Os valores de oxigênio dissolvido, temperatura, e pH foram semelhantes entre os microcosmos e macrocosmo durante todo o período experimental. O oxigênio dissolvido médio ficou em $7,04 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,28$) e a temperatura média $27,33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,81$). O pH se manteve estável ao longo de todo o experimento (35 dias) com valor médio de $7,28$ ($\pm 0,31$). As concentrações de amônia e nitrato tiveram pequenas oscilações durante o experimento (Figura 1). A amônia total oscilou de $2,03$ a $0,30 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $1,42 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,70$) enquanto o nitrato oscilou entre $0,95$ a $0,50 \text{ mg L}^{-1}$ com valores médios de $0,67 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,21$). Os valores de nitrito mantiveram-se com média de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$.

Em relação a alcalinidade, no início apresentou-se com 24 mg L^{-1} de CaCO_3 e no decorrer do experimento houve oscilações com valor mínimo de 20 mg L^{-1} de CaCO_3 e valor médio de $23,40 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 ($\pm 2,97$) (Figura 1). O ortofosfato teve um acúmulo esperado ao longo do tempo e obteve uma média de $33,73 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 18,95$) com valores iniciais de $13,1$ e ao final com 50 mg L^{-1} (Figura 1). Em relação aos sólidos sedimentáveis (SS) que representa o volume de bioflocos, o mesmo apresentou oscilações semanais, com queda nas últimas semanas de experimento, com uma média de $20,89 \text{ mL L}^{-1}$, no início uma concentração de 19 mL L^{-1} , e na última semana volume de 20 mL L^{-1} , (Figura 2).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos parâmetros de qualidade de água em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com níveis de crescentes de inclusão de farinha de barata.

Parâmetros	Microcosmos (Nível de farinha de barata %)					Macrocosmo
	0	5	10	15	20	
OD, mg L ⁻¹	7,01±0,26	7,05±0,29	7,01±0,24	6,95±0,25	7,02±0,28	7,21±0,32
	7,53-6,42	7,52-6,40	7,46-6,43	7,52-6,41	7,55-6,41	7,72-6,26
T, °C	27,33±0,78	27,31±0,80	27,27±0,81	27,31±0,77	27,40±0,92	27,39±0,84
	28,80-25,20	28,70-25,20	28,60-25,20	28,70-25,20	28,70-25,20	28,80-25,20
pH	7,27±0,32	7,27±0,32	7,28±0,30	7,27±0,31	7,28±0,30	7,29±0,31
	7,87-6,81	7,85-6,70	7,85-6,67	7,82-6,80	7,82-6,68	7,87-6,81
SS, mg L ⁻¹						20,89±8,18
	-	-	-	-	-	36-7
Amônia, mg L ⁻¹						1,42±0,70
	-	-	-	-	-	2,03-0,30
Nitrito, mg L ⁻¹						0,01±0,00
	-	-	-	-	-	0,01-0,01
Nitrato, mg L ⁻¹						0,67±0,21
	-	-	-	-	-	0,95-0,50
Ortofosfato, mg L ⁻¹						33,73±18,95
	-	-	-	-	-	50-13,1
Alcalinidade, mg L ⁻¹						23,40±2,97
	-	-	-	-	-	28-20

SS – Sólidos sedimentáveis; T – temperatura; OD – Oxigênio dissolvido.

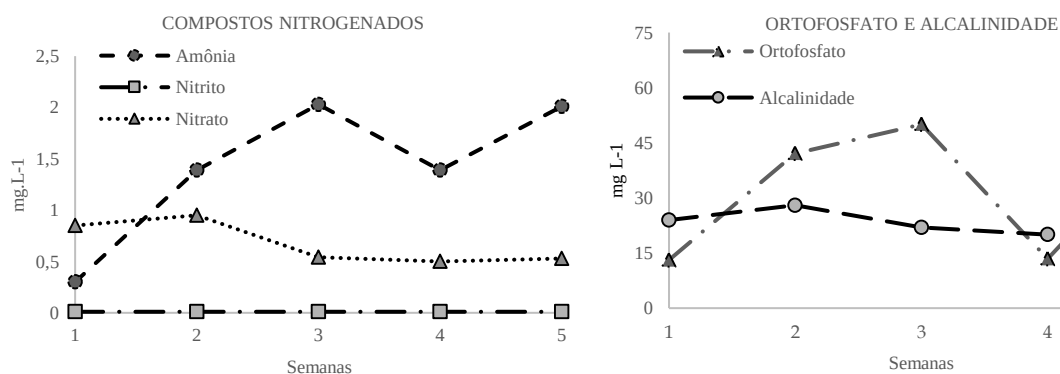


Figura 1. Valores de amônia total, nitrito, nitrato, ortofosfato e alcalinidade no decorrer das semanas em sistema bioflocos com tilápias alimentadas com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de barata.

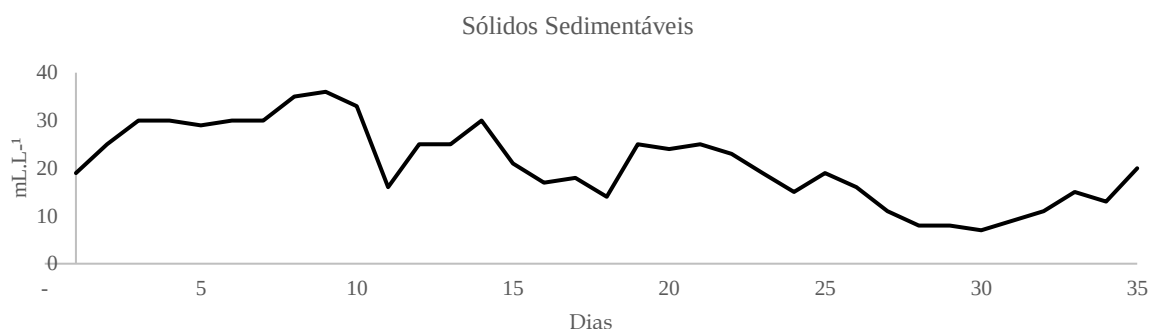


Figura 2. Valores de sólidos sedimentáveis (SS) monitorados diariamente no macrocosmo do sistema experimental de bioflocos durante 35 dias.

A análise do desempenho zootécnico (Tabela 3) indicou efeito quadrático ($P < 0,05$) para peso final (PF), ganho de peso (GDP) e taxa de crescimento específico (TCE). Com a derivação das equações foi estimado o nível ótimo de inclusão para cada variável (Figura 3). Para ganho de peso estimou-se 8,66% e para melhores resposta a TCE foi de 8,48% de inclusão de farinha de barata. Conversão alimentar (CA), sobrevivência (S) e produtividade (PRO) não tiveram diferença ($P > 0,05$).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos.

	Inclusão de farinha de barata (%)						Testes	
	0	5	10	15	20	CV %	L	Q
PI, g	2,99	2,96	3,03	2,99	3,00	3,26	0,78	0,83
PF, g	11,18	12,64	12,41	11,89	10,40	9,54	0,28	0,03
GDP, g	8,19	9,68	9,38	8,90	7,40	12,99	0,28	0,03
CA	1,20	1,10	1,15	1,18	1,35	12,46	0,20	0,15
TCE, %	3,77	4,13	4,02	3,93	3,55	7,50	0,26	0,04
S, %	93,33	66,67	83,33	90,00	93,33	39,32	0,86	0,49
PRO, kg m ³	5,49	3,64	5,40	5,66	5,00	25,20	0,66	0,75

PI = Peso inicial; PF = peso final; GDP = ganho de peso; CDR = consumo de ração CA = conversão alimentar; TCE = taxa de crescimento específico; S = sobrevivência; PRO = produtividade; L = efeito linear $L < 0,05$; Q = efeito quadrático $Q < 0,05$. GDP = $8,3011 + 0,3045\text{FBA} - 0,0176\text{FBA}^2$ (R^2 : 0,96); TCE = $3,7994 + 0,0711\text{FBA} - 0,0042\text{FBA}^2$ (R^2 : 0,94);

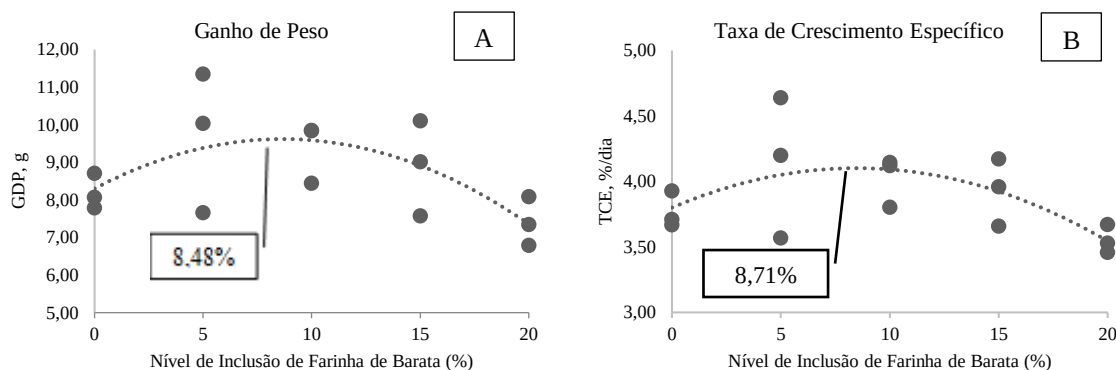


Figura 3. Ganho de peso (A) e taxa de crescimento específico (B) de tilápias do Nilo alimentadas com dietas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos.

A abundância e composição taxonômica de diferentes organismos associados ao BFT semanalmente monitorados no macrocosmo são apresentados na figura 4. Foram identificados quatro grupos de organismos com maior abundância: protozoários, rotífera, dinoflagelados e microalgas. Todos os microrganismos identificados apresentaram oscilação no número de organismos por mL durante as semanas de experimento, principalmente na quarta semana.

Ao final do monitoramento bacteriano (Tabela 4), foi possível encontrar 10 gêneros/espécies bacterianos, sendo 3 gêneros/espécies de bactérias consideradas com potencial patogênico e 7 gêneros/espécies consideradas como degradadoras de matéria orgânica. As bactérias gênero/espécie patogênicas apresentam coeficiente de variação baixo (<11,4%), e quando analisadas no total também (2,9%) que indica uma baixa variação temporal da comunidade no sistema (Tabela 4), enquanto as pertencentes ao grupo de degradadoras apresentam variação temporal, com oscilações de até 61,7% nos gêneros/espécies no período temporal analisado, porém com baixa oscilação quando considerada o total do grupo (7,6%).

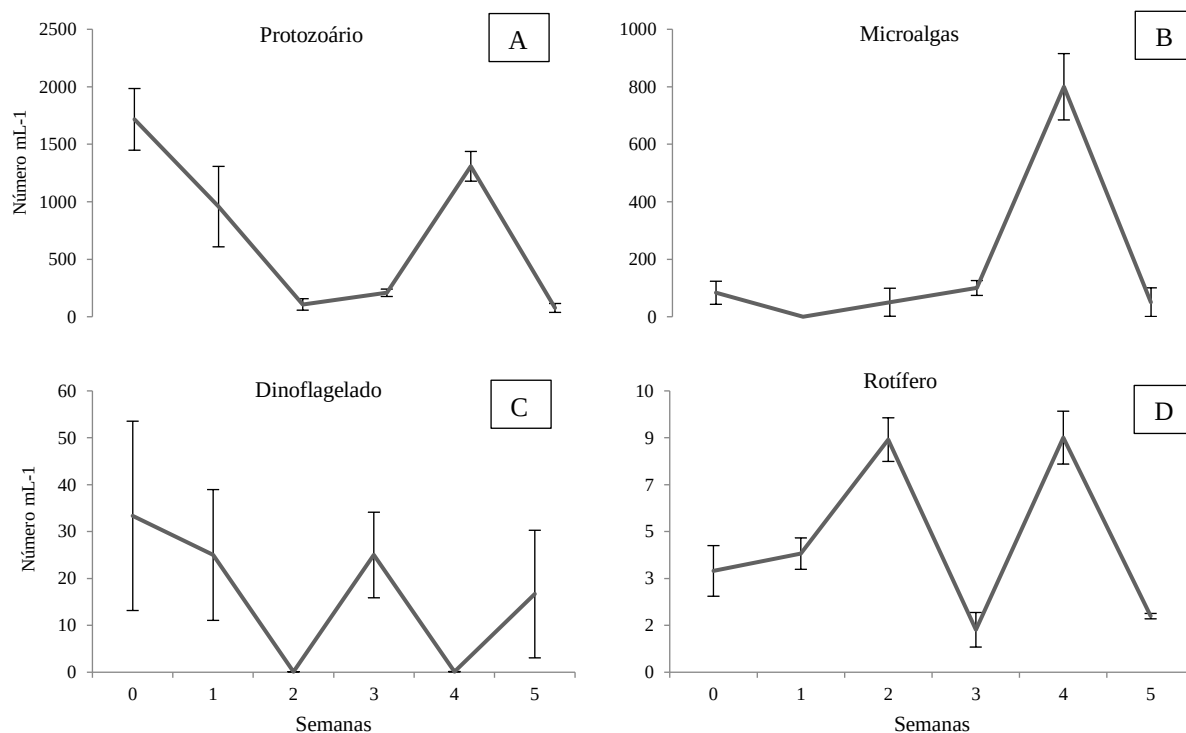


Figura 4. Abundância e número de microrganismos por mL⁻¹ semanais no macrocosmo do BFT com tilápias alimentadas com dietas com níveis de inclusão de farinha de barata.

Tabela 4. Variação temporal da comunidade bacteriana ($\times 10^8$ cel mL⁻¹) com potencial patogênico e degradadoras no cultivo de tilápias em BFT (amostras coletadas no macrocosmo)

Bactérias ($\times 10^8$ cel mL ⁻¹)		Semanas					Médias	CV (%)
		1	2	3	4	5		
Potencial patogênico	<i>Aeromonas hydrophila</i>	90	73	89	72	74	79,6	11,4
	<i>Aeromonas punctata</i>	72	78	71	63	75	71,8	7,8
	<i>Citrobacter freundii</i>	97	94	102	116	98	101,4	8,5
	Total	259	245	262	251	247	252,8	2,9
Degradadoras	<i>Pseudomona fluorescens</i>	241	260	244	216	320	256,2	15,2
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	135	142	139	151	147	142,8	4,4
	<i>Pseudomona sp.</i>	401	488	330	241	250	342,0	30,5
	<i>Enterobacter sp.</i>	78	83	86	92	90	85,8	6,5
	<i>Enterobacteriaceae bacterium</i>	197	280	310	407	426	324,0	29,1
	<i>Enterobacter amnigenus</i>	168	207	247	298	0	184,0	61,7
	<i>Enterobacter aerogenes</i>	100	106	113	108	102	105,8	4,8
	Total	1320	1566	1469	1513	1335	1440,6	7,6

Na Tabela 5 estão presentes os resultados das análises de composição centesimal da FBA e do bioflocos, bem como a análise de ácidos graxos da FBA. A FBA apresentou baixo teor de MM (4,85%), altos nível proteico (66,84%) e baixo teor de EE (6,07%), com alta EB estimada (5270 kg cal⁻¹). O bioflocos coletado apresentou médio teor de MM (15,0%), porém com um baixo teor de PB (9,02%) e baixos teores de EE (0,4%) e EB (3683 kg cal⁻¹). O perfil de ácidos graxos da FBA foi praticamente de ácidos graxos saturados de cadeia longa, com preponderância de ácido esteárico (C18: 0) e de ácido mirístico (C14: 0).

Tabela 5. Composição nutricional da farinha de barata cinérea e do bioflocos proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de barata em sistema bioflocos.

Variáveis	Farinha de Barata	Bioflocos ¹
Matéria Seca, %	93,36	24,46
Matéria Mineral, %*	4,85	15,00
Proteína Bruta, %*	66,84	9,02
Extrato Etéreo, %*	6,07	0,40
Energia Bruta, kcal kg ^{-1 2}	5270	3683
C12: 0 Ácido Láurico, % ³	0,14	NA
C14: 0 Ácido Mirístico, % ³	1,10	NA
C16: 0 Ácido Palmítico, % ³	0,00	NA
C18: 0 Ácido Esteárico, % ³	3,88	NA
C18: 1 Ácido Oleico, % ³	0,00	NA
C18: 2 Ácido Linoleico, % ³	0,00	NA
C18: 3 Ácido Linolênico, % ³	0,54	NA
C20: 4 Ácido Araquidônico, % ³	0,17	NA
C20: 5 Ácido Eicosapentaenoico, % ³	0,00	NA
C22: 6 Ácido Docosaenoico, % ³	0,24	NA

*valores corrigidos para matéria seca. ¹ Bioflocos concentrado por decantação e seco em estufa 55°C; ²Valor estimado de energia bruta. EB = (PB x 5,65) + (EE x 9,4) + (ENN x 4,15)] x 10. ³ Valores obtidos por Cromatografia gasosa AOAC (2000). NA = não analisado.

DISCUSSÃO

A farinha de barata é uma excelente fonte de proteínas (66,84%) (Tabela 5). Este valor é superior aos principais ingredientes proteicos utilizadas na formulação de dietas para peixes como o farelo de soja, farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras (FURUYA, 2010), e inferior da farinha de pena e farinha de sangue, que dependem do processamento para melhorar sua digestibilidade (FURUYA, 2010). Foi predominante a presença de ácidos graxos saturados na FBA (85%), sendo destes 64% de ácido esteárico. O DHA foi encontrado na ordem de 4%, este é de extrema importância na nutrição de peixes e humanos.

Em BFT, a composição centesimal do bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida, seus hábitos alimentares, a presença de microrganismos específicos, as condições e tempo de cultivo (AVNIMELECH, 2007). As tilápias podem alimentar-se do bioflocos como observado por EKASARI *et al.* (2014).

Os valores de qualidade de água observadas no presente estudo estão dentro dos recomendados e aceitáveis para a espécie (EL SAYED, 2006). Oscilações nos valores de nitrato e ortofosfato foram relacionadas a evaporação e reposição de água evaporada (variação do volume). O aumento dos números de microrganismos no bioflocos durante a quarta semana pode estar relacionado a ação corretiva de fertilização orgânica com melaço de cana, que forneceu um reajuste da relação C: N, ou seja, melhorou o ambiente para bactérias heterotróficas sequestrarem amônia, e como reflexo, houve queda da amônia e da alcalinidade, de acordo com a dinâmica apresentada por EBELING *et al.* (2006).

O desempenho zootécnico observado nas dietas com inclusão de farinha de barata em sistemas BFT foram superiores aos encontrados por FRECCIA *et al.* (2016) que não encontraram diferença no desempenho de alevinos de tilápias alimentados com até 20% de inclusão de farinha de barata em sistema de recirculação de água (RAS). Ao comparar as médias obtidas nesse trabalho com as médias obtidas por FRECCIA *et al.* (2016), observamos TCE superior: $3,88\% > 3,50\%$; e uma melhor CA: $1,20 < 1,85$, o que indica uma possível complementariedade do alimento natural (bioflocos) com a ração com inclusão de farinha de barata para a nutrição dos animais. Este fato pode estar ligado a ação pré e probiótica dos microrganismos presentes nos bioflocos, aumento da digestibilidade dos nutrientes das dietas pela ação de enzimas extracelulares secretadas por bactérias do bioflocos no trato gastrointestinal dos animais, perfil aminoacídico, relação energia: proteína (alimento + bioflocos), entre outras propriedades do sistema BFT (EMERENCIANO *et al.*, 2013; AVNIMELECH, 2015). A sobrevivência média foi de 85,34%, que corrobora dados encontrados por FRECCIA *et al.* (2016) e é considerada aceitável para tilápias em berçário em sistema BFT (MARTINS *et al.*, 2017).

Com a utilização dos níveis ótimos de inclusão de farinha de barata (8,48 e 8,71%) obtidos pela derivação das equações quadráticas, foi possível aumentar 15% do ganho de peso e 8% da taxa de crescimento específico quando comparado a dieta controle. Estes resultados podem estar associados a algumas hipóteses que apontamos: i) com o aumento da inclusão de farinha de barata, diminui a digestibilidade e biodisponibilidade dos nutrientes presentes nas dietas; ii) uma concentração de aminoácidos essenciais maior versus por exemplo aos níveis encontrados em dietas que utilizam como base, por exemplo, o farelo de soja (um dos

principais ingrediente proteico vegetais utilizados em dietas para a espécie); iii) a presença de nutrientes nutracêuticos, como a quitina, citada por OLSEN *et al.* (2006) que correlaciona um efeito prebiótico no trato gastrointestinal dos peixes, as quais podem ter agido de forma isolada ou combinada para a obtenção dos resultados; iv) apesar de não ser encontrada diferença estatística na sobrevivência, a menor sobrevivência nos tratamentos de 5 e 10% de inclusão podem ter contribuído para melhores resultados, pois seleciona os animais mais fortes, diminui a competição e densidade.

A queda no desempenho causado por níveis superiores a 10% de inclusão de farinha de barata pode estar relacionada a composição do exoesqueleto da barata, principalmente a quitina combinada com a esclerotina, que confere resistência e flexibilidade. A quitina é um aminopolissacarídeo acetilado semelhante a celulose, porém com maior número de pontes de hidrogênio estabelecidas com cadeias poliméricas adjacentes, isto confere resistência extra (BARKER *et al.*, 1998) o que sugere maior dificuldade de digestão. SHIAU e YU (1999), evidenciaram que tilápias alimentadas com dietas com quitina e quitosanas purificadas, tiveram ganho de peso e conversão alimentar prejudicados, o nível de 2% de quitina já foi prejudicial. Não foi encontrada na literatura dados sobre a quantidade de quitina na farinha de barata, que impossibilitou estimar o percentual de quitina presente nas dietas do presente experimento. FINKE (2007) considerou que os insetos possuem entre 11,6–137,2 mg kg⁻¹ de quitina corporal. Com a utilização de um valor médio de 74,4 mg kg⁻¹ de quitina na farinha de barata, para 10% de inclusão de farinha de barata teríamos 0,74% de quitina e para 20% de inclusão de farinha de barata teríamos 1,50% de quitina, o que corroboraria os dados de SHIAU e YU (1999). Alguns autores citam que a quitina é um dos fatores que limitam o uso de insetos em rações para peixes (NG *et al.*, 2001; SANCHEZ-MUROS *et al.*, 2014), pois é relacionada a redução de consumo e da disponibilidade de nutrientes e, portanto, reduz o desempenho zootécnico e a utilização de nutrientes (KROECKEL *et al.*, 2012).

Outras hipóteses podem estar relacionadas ao desbalanço ou deficiência de aminoácidos, presença de micotoxinas, rancificação da gordura e presença de fatores antinutricionais desconhecidos que a partir dos 10% passou a ser relevante e conferiu redução no desempenho.

Em relação ao perfil de microrganismos, resultados indicam uma variação na densidade ao longo do tempo (Figura 4). A variação temporal da densidade e diversidade dos microrganismos pode estar relacionado a vários fatores como fonte de carbono utilizada, consumo pelos peixes, intensidade luminosa, predação e/ou competição do substrato com as bactérias e outros organismos (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

O biofloco antes nas primeiras semanas teve diminuição do número de microrganismos, (Figura 4), este efeito pode estar associado ao consumo de bioflocos pelos animais, o que contribui para as melhores CA obtidas no experimento. Ocorre um sinergismo entre microalgas e rotíferos, pois rotíferos são os predadores naturais das microalgas (KUANG *et al.*, 2004). Por outro lado, MONROY-DOSTA *et al.* (2013) evidenciaram as clorófitas como sendo as microalgas mais abundantes apenas na fase de colonização do bioflocos, o que não ocorreu neste experimento. Essas diferenças podem ser pela qualidade e quantidade de nutrientes no meio, ou a farinhas de barata, de alguma maneira, inibirem a diversidade ou densidade de microrganismos.

Os valores de gêneros e espécies encontrados no perfil bacteriológico foram inferiores ao encontrado por MONROY-DOSTA *et al.* (2013). A baixa diversidade pode estar atrelada a: i) ao contínuo reuso da água, e que ao longo do tempo, possivelmente pode acarretar em uma diminuição da diversidade bacteriana; ou ii) as farinhas de inseto, de alguma maneira, inibirem a diversidade bacteriana. Ainda de acordo com a Tabela 4 pôde-se observar que os gêneros com maiores concentrações ($\times 10^8$ cel mL⁻¹) foram as *Pseudomonas sp.*, que são bactérias degradadoras de matéria orgânica, mas conforme a espécie, em alguns casos possuem potencial patogênico. O perfil bacteriano varia muito conforme diversos fatores como luz, oxigênio, fonte de carbono, relação C: N, matéria orgânica, pH, alcalinidade, aeração, tamanho dos flocos, entre outros fatores (MARTINEZ-CÓRDOBA *et al.*, 2016). Não foram encontrados *Bacillus* neste experimento, é interessante a presença destes porque melhoram a qualidade nutricional e inibem a proliferação de patógenos (MARTINEZ-CÓRDOBA *et al.*, 2014), inoculações poderiam ser uma alternativa de melhorar o perfil bacteriológico. Certamente mais estudos são importantes para elucidar a dinâmica bacteriana em BFT.

CONCLUSÃO

É possível a utilização de farinha de barata como ingrediente de rações de tilápias cultivadas em sistema de bioflocos em até 15% da dieta. O nível ideal de inclusão foi de 8,5% para melhoras de ganho de peso e taxa de crescimento específico.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projetos 2013TR3406 e 2015TR453), ao programa UNIEDU/FUMDES, ao Carlos Mario Rivera Narváez - University of Antioquia Medellín/Colômbia, à Universidade Autônoma Metropolitana, UAM-México, à Piscicultura Panamá, ao Bruno Neves pelo auxílio técnico durante o experimento e todo staff do LAQ-UDESC, informamos que não houve conflito de interesse e que a participação no trabalho foi completamente imparcial.

REFERÊNCIAS

- ANIEBO, A.O.; ERONDU E.S.; OWEN, O.J. 2009 Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 666-671.
- AOAC. 2000 Official methods of analysis, 16th edn. AOAC International, Washington, DC, USA.
- APHA, 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association/American Waterworks Association/Water Environment Federation, Washington, DC, USA.
- AVNIMELECH, Y. 2006 Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural engineering*, 34(3), 172-178.
- AVNIMELECH, Y. 2007 Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264, 140–147.
- AVNIMELECH, Y. 2009 *Biofloc technology: A practical guide book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA, 182.
- AVNIMELECH, Y. 2015 *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 3. ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge: Louisiana, EUA,
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C. 2008 The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35.
- BARKER, D.; FITZPATRICK M.P.; DIERENFELD, E.S. 1998 Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, 17(2),123–34.

- BARNES, R.D. 1990 *Zoologia dos invertebrados*. 4. Ed. São Paulo: Roca, 1179.
- BELFORTI, M.; GAI, F.; LUSSIANA, C.; RENNA, M.; Malfatto, V.; ROTOLO, L.; DE MARCO, M.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L. 2015 *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4170.
- EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. 2006 Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1), 346-358.
- EKASARI, J.; ANGELA, D.; WALUYO, S.H.; BACHTIAR, T.; SURAWIDJAJA, E.H.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. 2014 The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426-427, 105-111.
- EL-SAYED, A.F.M. 2006 *Tilapia culture*. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K., 277.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E.L.C.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W. 2012 Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43, 447-457.
- EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. 2013 Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization, Dr. Miodrag Darko Matovic (Ed.), InTech.
- EZEWUDO, B.I.; MONEBI, C.O.; UGWUMBA, A.A.A. 2015 Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research*. 10(23), 2363-2371.
- FAO. 2012 The state of World Fisheries and Aquaculture. Roma SOFIA, 24-26.
- FAO. 2014 Seção Fisheries and Aquaculture Department. Roma SOFIA, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>>. Acesso em: 15 de agosto de 2015.
- FAO. 2015 Insects for food and feed. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>> acesso em 02 de novembro de 2015.
- FAO. 2016 El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Roma. 224.
- FINKE, M.D. 2007 Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26(2), 105-115.
- FRECCIA, A.; MEURER, E.S.; JERÔNIMO, G.T.; EMERENCIANO, M.G.C. 2016 Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. *Archivos de zootecnia*, 65(252), 541-547.
- FURUYA, W.M. 2010 *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. GFM. Toledo, 100.
- GASCO, L.; HENRY, M.; PICCOLO, G.; MARONO, S.; GAI, F.; RENNA, M.; LUSSIANA, C.; ANTONOPOULOU, E.; MOLA, P.; CHATZIFOTIS, S. 2016 *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45.
- HARDY, R.W. 2010 Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal: review article. *Aquaculture Research*, USA, 41(5), 770- 776.
- IBGE. 2015 Produção da Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, 43,1-49.

- KHAN, S.; NAZ, S.; SULTAN, A.; ALHIDARY, I. A.; ABDELRAHMAN, M. M.; KHAN, R. U.; KHAN, N.A.; KHAN, M.A.; AHMAD, S. 2016 Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 72(01), 93-102.
- KROECKEL, S.; HARJES, A.G.E.; ROTH, I.; KATZ, H.; WUERTZ, S.; SUSENBETH, A.; SCHULZ, C. 2012 When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute- growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364/365, 345–352.
- KUANG, Q.; BI, Y.; XIA, Y.; HU, Z. 2004 Phytoplankton community and algal growth potential in Taipinghu reservoir. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 9, 119-124.
- MAKKAR, H.P.S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. 2014 State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. 2015 Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture*, 7(2), 131-148.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; EMERENCIANO, M. G. C.; MIRANDA-BAEZA, A.; GOLLAS-GALVÁN, T. 2016 From microbes to fish the next revolution in food production. *Critical reviews in biotechnology*, 1-9.
- MARTINS, G.B.; TAROUCO, F.; ROSA, C.E.; ROBALDO, R.B. 2017 The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 468, 10-17.
- MCINTOSH, B.J.; SAMOCHA, T.M.; JONES, E.R.; LAWRENCE, A.L.; MCKEE, D.A.; HOROWITZ, S. 2000 The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 21(3), 215-227.
- MONROY-DOSTA, M.D.C.; ANDRADE, D.L.; MEJÍA, J.C.; MEJÍA, G.C.; EMERENCIANO, M.G.C. 2013 Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(3), 511-520.
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura). 2012 *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil 2010*. Brasília, 128.
- NG, W.K.; LIEW, F.L.; ANG, L.P.; WONG, K.W. 2001 Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32(1), 273-280.
- NWAMBA, H.O.; OGUNJI, J.O. 2012 Evaluating butterfly larvae (*Bematistes macaria*) meal as fishmeal substitute in diets of African catfish hybrid (*Heteroclarias*). *Indian Journal of Social and Natural Sciences*, 1(1), 78-84.
- OGUNJI, J. O.; KLOAS, W.; WIRTH, M.; NEUMANN, N.; PIETSCH, C. 2008 Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(4), 511-518.
- OLSEN, R.E.; SUONTAMA, J.; LANGMYHR, E.; MUNDHEIM, H.; RINGO, E.; MELLE, W.; MALDE, M.K.; HEMRE, G.I. 2006 The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture Nutrition*, 1, 280-290.

- OLSEN, R.L.; e HASAN, M.R. 2012 A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*, 27, 120 -128.
- PICCOLO, G.; MARONO, S.; GASCO, L.; IANNACCONE, F.; BOVERA, F.; NIZZA, A. 2014 Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. *Insects to Feed The World*, The Netherlands, 14-17.
- SÁNCHEZ-MUROS, M.J.; BARROSO, F.G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. 2014 Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27.
- SÁNCHEZ-MUROS, M^a.J.; HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C.E.; VILLARECES, S. BARROSO, F.G. 2015 Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*.
- SHIAU, S.; YU, Y. 1999 Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 179(1), 439-446.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235.
- SOKAL, R.; ROHLF, J. 1995. *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*. W H Freeman, New York.
- VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C.M.M.; OTTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. 2012 Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Rapport 638 - *Wageningen Livestock Research*.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. 2006 Effect of natural production in a zero-exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 258(1), 396-403.

MANUSCRITO III**FARINHA DE TENÉBRIO (*Tenebrio molitor*) EM DIETAS PARA ALEVINOS DE
TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

De acordo com normas para publicação em:

Boletim do Instituto de Pesca

FARINHA DE TENÉBRIO (*Tenebrio molitor*) EM DIETAS PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Jiovani Sergio Bee TUBIN¹, Maurício Gustavo Coelho EMERENCIANO²

¹ Mestrando em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil, email: jiovani.tubin@hotmail.com

³ Professor Doutor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Cel. Fernandes Martins, 270, Laguna – SC – Brasil, email: mauricioemerenciano@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar níveis de inclusão de farinha de larvas de tenébrio (FLT) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 225 alevinos de tilápia ($0,61 \pm 0,12$ g), distribuídos em 15 tanques (30 L) instalados em um sistema de recirculação de água (RAS), com um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (cinco níveis de inclusão 0% ou controle, 5, 10, 15 e 20% de FLT) e três repetições. As taxas de arraçoamento foram definidas a partir das biometrias semanais e realizado monitoramento periódico dos parâmetros físico-químicos da água. Foi foram aplicados modelos de regressão até a segunda ordem. Os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento foram adequados para a espécie. Não houve diferença entre os níveis de inclusão para peso final, ganho de peso, consumo de ração, sobrevivência, produtividade, fator de condição, índice hepatossomático. A inclusão de FLT na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo ocasionou aumento linear na conversão alimentar aparente. Houve efeito linear crescente para índice viscerossomático. Sugere-se um limite máximo de inclusão de FLT na dieta de alevinos de tilápia de 15% (em sistemas RAS) devido à presença de fatores antinutricionais como a quitina.

Palavras-chave: alimento alternativo; farinha de inseto; índices somáticos; nutrição animal

MEALWORM (*Tenebrio molitor*) IN DIETS FOR NILE TILAPIA FINGERLINGS IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of determining levels of inclusion of mealworm in the feeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. A total of 225 tilapia fry (0.61 ± 0.12 g), distributed in 15 tanks (30 L) installed in a Recirculating Aquaculture System (RAS), with a completely randomized design, with five treatments (five levels of inclusion: 0% or control, 5, 10, 15 and 20% mealworm) and three replicates. Feeding rates were defined from the weekly biometrics and periodic monitoring of the physical-chemical parameters of the water was carried out. Regression models were applied until the second order. The physical-chemical parameters of the water during the experiment were adequate for the species. There was no difference between inclusion levels for final weight, weight gain, feed intake, survival, productivity, condition factor, hepatosomatic index. The inclusion of mealworm in Nile tilapia fingerlings fed a linear increase in apparent feed conversion. There was an increasing linear effect for viscerosomatic index. It is suggested a maximum limit of inclusion of mealworm in the diet of tilapia fingerlings of 15% (in RAS) due to the presence of antinutritional factors such as chitin.

Keywords: alternative food; insect meal; somatic indices; animal nutrition

INTRODUÇÃO

A alimentação representa aproximadamente de 40 a 50% do custo operacional da aquicultura brasileira (SCORVO FILHO et al., 2010; SCORVO FILHO et al., 2015). Além disso, os alimentos proteicos representam a maior proporção dos custos da ração em sistemas de cultivo intensivo e semi-intensivo, pois, além de entrarem em grande quantidade na formulação destas, são mais caros que os alimentos energéticos (MEURER et al., 2003; ARAÚJO et al., 2011). Em paralelo, o setor é fortemente dependente da farinha de peixe e farelo de soja, no qual preço e disponibilidade variaram muito nas duas últimas décadas. Assim, diversos estudos têm focado na perspectiva nutricional, benefícios e fraquezas de fontes proteicas alternativas (vegetal e animal) na qual até à presente data são razoavelmente bem conhecidos (SÁNCHEZ-MUROS et al., 2015). Para tilápias, sugere-se que alimentos proteicos

de origem animal não precisam ser necessariamente incluídos nas formulações (BOSCOLO et al., 2001), porém podem ser usados estrategicamente como suplemento de aminoácidos, lipídeos e fontes de minerais.

Neste sentido, outras fontes devem ser avaliadas e a utilização de insetos têm sido uma das propostas intituladas como alimentos alternativos segundo relatórios da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2015). As vantagens da utilização de insetos na alimentação de peixes são, entre outros: i) fazem parte da dieta natural de peixes marinhos e dulcícolas (HOWE et al., 2014; WHITLEY e BOLLENS, 2014); ii) são ricos em proteína, aminoácidos, lipídios, fibras, vitaminas e minerais (VAN HUIS, 2013); iii) deixam uma pequena pegada ecológica (sem necessidade de terra arável, baixa necessidade de energia e água, sem competição com outras culturas) (OONINCX e BOER, 2012); iv) insetos podem rapidamente transformar resíduos orgânicos de baixa qualidade em fertilizante de boa qualidade (VAN HUIS et al., 2013). Neste item vale ressaltar que alguns insetos possuem a capacidade de reduzir a biomassa final de resíduos em 50%, e especificamente de resíduos nitrogenados em 30-50%; e de fósforo em 61-70% (DIENER et al., 2009; VAN HUIS et al., 2013). Ou seja, convertem resíduos orgânicos em fertilizantes de excelente qualidade além de formar “biomassa proteica” com cifras admiráveis (~40% de proteína bruta e ~30% de lipídeos) (SHEPPARD et al., 1994; HENRY, 2015).

Alguns insetos têm mostrado potencial para nutrição, como o tenébrio (*Tenebrio molitor*) (HENRY et al., 2015), sendo um dos insetos mais criado atualmente (PAYNE et al., 2016) e com diversos estudos já realizados para sua utilização na aquicultura (SANCHEZ-MUROS et al., 2015). Nestes estudos os autores utilizaram de sistemas que preconizam redução do uso de água na produção aquícola, que é a grande tendência na aquicultura, neste contexto engloba-se o sistema de recirculação de água, (ou “Recirculating Aquaculture System” – RAS na sua sigla em inglês), que é um sistema fechado que através de mecanismos essenciais (mecânicos, químicos e biológicos) asseguram a saúde e a sobrevivência de organismos da aquicultura comercial (PEDREIRA et al., 2016). Este sistema é projetado para maximizar a produção de um organismo alvo, com espaço e custos mínimos (WATSON e HILL, 2006). Este sistema é considerado como bem estabelecido no cenário aquícola mundial.

Das muitas vantagens citadas anteriormente e também pelo potencial das larvas de tenébrio poder até reciclar plásticos (YANG et al., 2015), o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes níveis de inclusão de farinha de tenébrio na dieta de alevinos de tilápias em sistema de recirculação de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura, do Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), município de Orleans (Lat. 28°21'S; Long.49°16'O), Santa Catarina com duração de 43 dias. Os alevinos (*O. niloticus*) foram obtidos de uma piscicultura comercial (Piscicultura Sertãozinho, Braço do Norte-SC) e transportados em sacos de transporte específico até a UNIBAVE. Ao chegar no laboratório passaram por um processo de aclimação em um tanque com volume útil de 500 litros, com forte aeração e foram mantidos por aproximadamente 8 horas (28°C).

Os alevinos, revertidos sexualmente, foram distribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais (225 alevinos com peso médio inicial $0,61 \pm 0,12$ g). As 15 unidades experimentais eram constituídas por caixas plásticas com volume útil de 30 litros, sendo 15 peixes em cada unidade experimental, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições.

Os tratamentos apresentaram níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas tenébrio (FLT) (*Tenebrio molitor*): 0% de inclusão de FLT ou controle, 5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de FLT (Tabela 1.). Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (08h00min, 13h00min e 18h00min), com ajustes semanais conforme a biomassa da unidade experimental.

As dietas foram formuladas de modo a serem isoproteicas, isoenergéticas, isocalcíticas e isofosfóricas. A formulação e fabricação das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA-UDESC). A composição centesimal rações experimentais e da FLT foram realizadas conforme metodologia preconizada por SILVA e QUEIROZ (2002), enquanto que a energia bruta foi estimada pela equação $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15) \times 10$. Foi realizada a análise micotoxinas da FLT pela metodologia Imunocromatografia por competição através de fitas de fluxo lateral (AccuScan® Pro). A análise de perfil de ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa conforme metodologia proposta por AOAC (2000).

Todos os ingredientes foram moídos e peneirados em malha de 300 µm, pesados, em seguida misturados e processados em uma peletizadora para a formação dos pellets. Estes foram desidratados em estufa a uma temperatura de 55 °C, por 36 horas. Após a secagem, os peletes foram triturados para formação de partículas com granulometria de ± 1 a 2 mm. As rações foram acondicionadas em sacos plásticos de 2 kg e mantidas em freezer a -20°C.

Tabela 1. Composição das rações utilizadas no experimento com níveis crescente de farinha de larvas de tenébrio para tilápias em sistema RAS.

Ingredientes, %	Inclusão de farinha de larvas de tenébrio (%)				
	0	5	10	15	20
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha Larvas de Tenébrio	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Farelo de Soja	46,97	41,83	36,67	31,46	26,35
Milho	21,01	21,26	21,56	21,84	22,08
Farelo de Trigo	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Óleo de Peixe	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de Soja	3,10	2,95	2,78	2,67	2,51
Premix Vitamínico Mineral	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,00	0,00	0,03	0,07	0,09
Fosfato Bicálcico	1,00	1,04	1,04	1,04	1,05
Ácido Propiônico ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Gelatina ⁵	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada ¹					
Proteína Bruta, %	32,02	32,03	32,04	32,02	32,04
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹	4200	4200	4200	4200	4200
Energia Digestível, kcal kg ⁻¹	3213	3221	3228	3239	3247
Lipídeos, %	6,58	6,52	6,45	6,44	6,38
Fibra bruta, %	4,28	4,33	4,39	4,45	4,5
Matéria Mineral, %	6,54	6,4	6,27	6,14	6,01
Cálcio, %	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Fósforo total, %	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Analisada ²					
Matéria seca, %	90,17	93,11	93,16	87,40	92,27
Proteína Bruta, %	30,94	34,13	33,01	30,95	33,65
Lipídeos, %	12,08	11,53	11,99	13,58	15,35
Matéria Mineral, %	8,81	8,76	8,31	7,78	8,74
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹ ⁶	4883	4904	4930	5004	5098

¹ Valores calculados na composição química e energética propostos por FURUYA (2010). ² Valores analisados de acordo com as metodologias propostas por SILVA e QUEIROZ (2002). ⁴ Antioxidante; ⁵ Aglutinante. ⁶Valores estimado de energia bruta. $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$.

Cada caixa, coberta com tampa plástica, foi oxigenada por pedras porosas de 2 cm acopladas através de compressores de ar individuais (SUNSUN® Hp-200 1,8l/min 2,5w P Aquários 220v, China). Estas caixas foram ligadas a um sistema de recirculação de água, formado por um tanque circular com volume útil de 500 litros. O sistema foi equipado com aquecedor de 2500 W e bomba submersa 4000 L h⁻¹ (ATMAN® modelo PH4000, China) que lançava a água até as unidades experimentais e retornava por gravidade. O sistema de filtragem foi constituído de um filtro mecânico (60µm – malha perlon) e filtro biológico (material

particulado tipo cascalho, com volume aproximadamente 0,1 m³, para fornecer superfície de adesão e auxiliar no processo de nitrificação).

Com o objetivo de corrigir a taxa de arraçoamento, foram realizadas biometrias semanais. A sifonagem dos resíduos orgânicos era realizada a cada dois dias. A água reposta no sistema durante a sifonagem, era derivada de uma Companhia de água e esgoto do município (SAMAE-Orleans/SC), e para reposição a mesma era armazenada previamente em um recipiente de 500 litros (com forte aeração durante 2 dias para a eliminação do cloro residual).

Os parâmetros de qualidade de água foram monitorados, sendo a temperatura medida diariamente (termômetro de mercúrio $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$), enquanto que o pH (SENSOGLASS SP1800®) e o oxigênio dissolvido (oxímetro ALFAKIT® modelo AT-155, Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil) foram monitorados semanalmente (08h00min). Paralelamente, foram realizadas coletas de água semanais (amostras mantidas em freezer -20°C) para posterior análise dos compostos nitrogenados, alcalinidade e ortofosfato (Fotocolorímetro AT-100P, marca ALFAKIT®, Florianópolis – SC, Brasil) no Laboratório de Aquicultura da UDESC (LAQ-UDESC).

Ao final do período experimental foram avaliadas as variáveis de peso inicial e final (g), ganho de peso (g), sobrevivência (%), produtividade (kg m^{-3}) = $[(\text{ganho da biomassa} / \text{área de cultivo}) \times 100]$, conversão alimentar aparente (CAA) = $[(\text{ração consumida} / \text{ganho em peso})]$; taxa de crescimento específico (TCE (%/dia) = $[(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{tempo em dias}] \times 100$), índice hepatossomáticos (IHS = $[(\text{peso do fígado} / \text{peso corporal}) \times 100]$) e índice viscerossomático (IVS = $[(\text{peso das gônadas} / \text{peso corporal}) \times 100]$).

Os dados do presente trabalho foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e transformados se não normais pela equação $x = \arcsen \sqrt{(x/100)}$ (ZAR, 1984). Os resultados foram avaliados de acordo com o modelo: $Y_i = \mu + T_i + e_i$ em que: μ = constante geral; T_i = nível de inclusão de farinha de tenébrio no qual $i = 0\%$; 5% ; 10% ; 15% ; 20% , e = erro aleatório. No caso de efeito os graus de liberdade referentes às variáveis foram desdobrados em polinômios ortogonais para obtenção das equações de regressão (SOKAL e ROHLF, 1995).

RESULTADOS

As médias registradas foram de 6,42 para o pH, 5,21 mg L⁻¹ para o oxigênio dissolvido e de 27,89°C para a temperatura. Com relação à amônia e nitrito, a média da água de cultivo foi de $0,72 \pm 0,18$ e $0,05 \pm 0,03$ mg L⁻¹, valores estes considerados normais por ARANA (2010). Os valores de alcalinidade (~ 124 mg L⁻¹) e ortofosfato ($1,28 \pm 0,68$ mg L⁻¹) mantiveram-se adequados para a espécie (EL SAYED, 2006).

Para ao desempenho zootécnico (Tabela 2), não houve diferença ($P>0,05$) para as variáveis peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GDP), sobrevivência (S) e produtividade (PRO). A inclusão da FLT promoveu aumento linear ($P<0,01$) da conversão alimentar (Figura 1).

Tabela 2. Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de tenébrio.

	Inclusão de Farinha de Larvas de Tenébrio (%)					Testes		
	0	5	10	15	20	CV%	L	Q
PI, g	0,63	0,64	0,63	0,63	0,65	6,9	0,75	0,74
PF, g	10,40	10,97	11,66	9,29	8,58	15,4	0,09	0,13
GDP, g	9,76	10,34	11,02	8,66	7,93	7,01	0,09	0,12
CAA	1,68	1,75	1,62	1,94	2,06	8,3	<0,01	0,12
TCE, %	6,66	6,77	6,92	6,41	6,10	5,6	0,05	0,09
S, %	84,4	77,8	82,2	71,19	86,7	16,5	0,83	0,23
PRO, kg m ³	4,34	4,29	4,77	3,36	3,69	20,3	0,17	0,54

PI = Peso Inicial; PF = peso final; GDP = ganho de peso; CAA = conversão alimentar aparente; TCE = taxa de crescimento específico; S = sobrevivência; PRO = produtividade; CV = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

A inclusão de farinha de tenébrio na dieta não influenciou ($P>0,05$) no índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (FC) (Tabela 3). Porém houve efeito linear crescente ($P<0,05$) sobre o índice viscerossomático com a inclusão de farinha de tenébrio (Figura 2).

Tabela 3. Índices somáticos de produção de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

Variáveis	Inclusão de Farinha de Larvas de Tenébrio (%)					Testes		
	0	5	10	15	20	CV%	L	Q
IHS, %	1,60	1,60	1,62	1,68	1,81	9,93	0,14	0,43
IVS, %	9,82	10,68	11,11	10,83	11,22	6,26	0,03	0,28
FC	2,06	2,12	2,20	2,17	2,10	3,74	0,38	0,06

IVS = $10,14345187+0,05898945FLT$; IHS= Índice Hepatossomático; IVS= Índice Viscerosomático; FC= Fator de Condição.

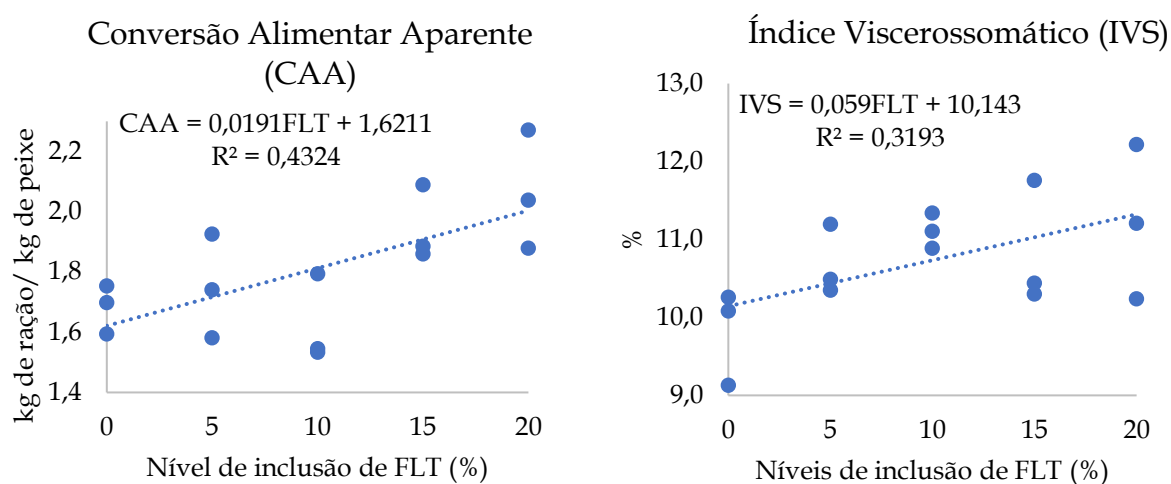


Figura 1. Conversão alimentar e índice viscerossomático de tilápia alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de tenébrio.

Na Tabela 4 estão presentes os resultados das análises de composição centesimal da FLT, bem como a análise de ácidos graxos e micotoxinas da FLT. A FLT apresentou baixo teor de MM (8,47%), valores consideráveis de PB (40,83%) e alto teor de EE (25,51%), bem como EB (5750 kg cal⁻¹). O perfil de ácidos graxos da FLT foi praticamente de ácidos graxos saturados de cadeia longa, com predominância de ácido palmítico (C16: 0) com 76% e ácido mirístico (C14: 0) com 16%, estes dois compreendem 92% do perfil de AG. A concentração de micotoxinas na FLT foi considerada baixa.

Tabela 4. Composição centesimal da farinha de larvas de tenébrio (FLT) proveniente do experimento de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio em sistema RAS.

Variáveis	FLT
Matéria Seca, %	92,89
Matéria Mineral, %*	8,47
Proteína Bruta, %*	40,83
Extrato Etéreo, %*	25,51
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹ ¹	5750
C12: 0 Ácido Láurico, %	0,47
C14: 0 Ácido Mirístico, %	4,17
C16: 0 Ácido Palmítico, %	19,39
C18: 0 Ácido Esteárico, %	2,45
C18: 1 Ácido Oleico, %	0,00
C18: 2 Ácido Linoleico, %	3,26
C18: 3 Ácido Linolênico, %	0,00
C20: 4 Ácido Araquidônico, %	0,00
C20: 5 Ácido Eicosapentaenoico, %	0,12
C22: 6 Ácido Docosaenoico, %	0,00
Micotoxinas	
Aflatoxinas, ppb	0,50
Fumonisin, ppb	ND
Deoxynivalenol, ppb	200
Zearalenona, ppb	<25
T2, ppb	<25

*valores corrigidos para matéria seca. ¹ Valor estimado de energia bruta. $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$. NA= não analisado; ND – não detectado de acordo com a sensibilidade do método.

DISCUSSÃO

A farinha de larvas de tenébrio (FLT) utilizada para a formulação das dietas experimentais continha elevado teor de extrato etéreo (Tabela 4), diferentemente do laudo fornecido no momento da compra, e como tal afetou o teor de extrato etéreo das dietas experimentais. O teor de extrato etéreo dietético aumentou conforme inclusão de FLT, com variação de 11,53 a 15,35% na MS (Tabela 1). Isto influenciou a energia bruta (kcal kg⁻¹) das dietas e a relação EB: PB. Outros autores também relataram altos valores de extrato etéreo em farinhas de insetos que impossibilitou as dietas serem isolipídicas (OGUNJI *et al.*, 2008).

A predominância de ácidos graxos saturados de cadeia longa (C14:0 e C16:0) foram diferentes dos encontrados por SÁNCHEZ-MUROS *et al.* (2015), que evidenciaram uma maior concentração de ácidos graxos monoinsaturados C18:1 (48,5%) e poli-insaturados C18:2

(30,25%), o que sugere que conforme a alimentação ocorra a modulação do perfil de ácidos graxos das larvas de tenébrio, que pode ser um prenúncio para a inclusão de EPA e DHA de ingredientes de menor qualidade.

Os valores de micotoxinas encontrados são considerados aceitáveis para ingredientes de rações conforme normativas do MAPA, porém fica claro a falta de informações quantitativas de micotoxinas para tilápias e demais espécies (ATAYDE *et al.*, 2014).

Já o teor de proteína bruta (40,83%) foi inferior a outros estudos com FLT, (BELFORTI *et al.*, 2015; GASCO *et al.*, 2016) que encontraram valores de PB superiores a 50%, porém menores níveis de EE que no presente estudo. Neste contexto, dentre os principais ingredientes proteicos utilizados na aquicultura, a FLT ficaria num patamar mais baixo, sendo superados por alguns ingredientes mais tradicionais, como farinha de peixe, farelo de soja, concentrado proteico de soja, farinha de vísceras, farinha de penas e farinha de sangue (FURUYA, 2010).

Os parâmetros de qualidade de água não foram influenciados ao longo do período experimental ($P>0,05$). A temperatura, pH e as concentrações de oxigênio dissolvido da água foram adequados para a espécie (KUBTIZA, 2000).

O aumento da conversão alimentar conforme o aumento dos níveis de inclusão sugere que a FLT pode conter elementos que podem prejudicar as tilápias na fase, como por exemplo a quitina. A quitina é um polímero constituído por unidades recorrentes de N-acetil-D-glicosamina em ligação β (ANDRADE, 2007), que tem potencial de influenciar no metabolismo animal e negativamente na digestibilidade dos alimentos. De acordo com SHIAU e YU (1999), a quitina e a quitosana são dois tipos de fibras que reduzem o desempenho e a utilização dos alimentos em híbridos de tilápia e tem efeito negativo sobre o ganho de peso e conversão alimentar para alevinos da tilápia do Nilo.

A média geral obtida para a sobrevivência foi de 80,4% (Tabela 2), valor considerado como normal para espécie e período de cultivo (EZEWUDO *et al.*, 2015), e a ausência de efeitos observada ($P>0,05$) indica que os níveis de FLT estudados não influenciaram na sobrevivência, no peso final, no ganho de peso, na TCE e na produtividade (kg m^3).

Os resultados médios TCE obtidos no presente estudo (6,52%/dia) foram superiores a outros estudos com farinhas de insetos, como: FRECCIA *et al.* (2016) com a utilização de farinha de barata teve TCE máxima de 3,65%/dia; SÁNCHEZ-MUROS *et al.* (2015) com juvenis de tilápia obteve 1,84%/dia de TCE, enquanto que para juvenis de truta arco-íris BELFORTI *et al.* (2015) obteve TCE máxima de 1,3%/dia alimentadas com tenébrio. Ou seja, potencial de alto crescimento diário é possível, mas é preciso ponderar o custo de produção.

No presente estudo não houve redução no consumo da ração o que indica que todas as rações testadas foram adequadas. Embora não seja o objeto deste estudo, no decorrer do trabalho não foram detectadas diferenças no consumo de ração entre os tratamentos, com todas as dietas aceitas e ativamente ingeridas pelos peixes. Segundo OGUNJI *et al.*, (2008), em estudo para a avaliação de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com larvas de insetos (*Musca domestica*), observaram que este ingrediente foi bem utilizado pelos peixes. Adicionalmente, ST-HILAIRE *et al.*, (2007), que utilizaram pupa de *Musca domestica* na alimentação de *Oncorhynchus mykiss* (truta arco-íris), sugerem ser um ingrediente substituto adequado da farinha de peixe. Para juvenis tilápia do Nilo (32 g), mostraram que farinha de *Tenebrio molitor* diminuiu o desempenho zootécnico, e que requer uma melhor compreensão do papel da quitina na digestão e mais estudos sobre as toxinas que podem afetar o crescimento dos peixes (SANCHEZ-MUROS *et al.*, 2015).

Segundo SANTOS *et al.*, (2009), estes índices somáticos são importantes para melhor avaliação das condições fisiológicas dos peixes, uma vez que alimentos alternativos podem conter fatores antinutricionais, que podem causar problemas no organismo dos peixes. O aumento do IVS nas tilápias alimentadas com níveis crescentes de adição de FLT pode estar associado a um aumento dos níveis de quitina e de extrato etéreo nas dietas experimentais à medida que aumentava os níveis de inclusão, pois podem ter aumentado o peso das vísceras pela deposição de gordura viscerossomática, com efeito crescente na conversão alimentar.

CONCLUSÃO

A farinha larvas de tenébrio (FLT) mostrou-se eficiente como ingrediente alternativo em dietas de alevinos de tilápia do Nilo. No entanto, a inclusão de FLT na alimentação dos alevinos ocasionou aumento do índice viscerossomático e da conversão alimentar nos maiores níveis. Sugere-se utilizar estrategicamente este ingrediente ao máximo de 15% da dieta.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projetos 2013TR3406 e 2015TR453), ao programa UNIEDU/FUMDES, à UNIBAVE – Orleans/SC em especial ao Elias Boeing pelo auxílio técnico durante o experimento, à Vetanco-Brasil, a Piscicultura Sertãozinho e todo staff do LAQ-UDESC.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, N.A. 2007. Otimização do processo de obtenção de quitina e quitosana de exoesqueletos de camarões oriundos da indústria pesqueira paraibana. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <http://www.ppgq.quimica.ufpb.br/dissertacoes/Dissertacao_Nilton_Andrade.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2016.
- ARANA, L.V. 2010 *Qualidade da água em Aquicultura: princípios e práticas*. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 237.
- ARAÚJO, D.M.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E; NAKAGOME, F.K. 2011 Hematologia de tilápias do nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. *Pesquisa Agropecuária Brasil*, 46, 294-302.
- ATAYDE, H.M.; DE OLIVEIRA, I.M.D.A.; INHAMUNS, A.J.; FRANCISCA, M.; TEIXEIRA, S. 2014 Fungos toxigênicos e micotoxinas na alimentação de peixes: uma revisão. *Scientia Amazonia*, 3(3), 59-71.
- BELFORTI, M.; GAI, F.; LUSSIANA, C.; RENNA, M.; Malfatto, V.; ROTOLO, L.; DE MARCO, M.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L. 2015 *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4170.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SOARES, C.M. 2001 Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5), 1397-1402.
- DIENER, S.; ZURBRÜGG, C.; TOCKNER, K. 2009 Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603-610.
- EL-SAYED, A.F.M. 2006 *Tilapia culture*. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K., 277.
- EZEWUDO, B.I.; MONEBI, C.O.; UGWUMBA, A.A.A. 2015 Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research*, 10(43), 2363-2371.
- FAO. 2015 Insects for food and feed. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>> acesso em 02 de novembro de 2015.
- FRECCIA, A.; MEURER, E.S.; JERÔNIMO, G.T.; EMERENCIANO, M.G.C. 2016 Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. *Archivos de zootecnia*, 65(252), 541-547.
- FURUYA, W.M. 2010 *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM. 100.
- GASCO, L.; HENRY, M.; PICCOLO, G.; MARONO, S.; GAI, F.; RENNA, M.; LUSSIANA, C.; ANTONOPOULOU, E.; MOLA, P.; CHATZIFOTIS, S. 2016 *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45.
- HENRY, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FOUNTOULAKI, E. 2015 Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
- HOWE, E.R.; SIMENSTAD, C.A.; TOFT, J.D.; CORDELL, J.R.; BOLLENS, S.M. 2014 Macroinvertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental

variables in natural and restoring north San Francisco bay tidal marsh channels. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 12(1).

KUBITZA, F. 2000 *Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: São Paulo, 285.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. 2003 Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1801-1809.

OGUNJI, J.O.; KLOAS, W.; WIRTH, M.; NEUMANN, N.; PIETSCH, C. 2008 Effect of housefly maggot meal (mameal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(4), 511-518.

OONINCX, D.G.; DE BOER, I.J. 2012 Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *Plos one*, 7(12), e51145.

PAYNE, C. L.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. 2016 A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology*, 47, 69-77.

PEDREIRA, M.M.; TESSITORE, A.J.D.A.; PIRES, A.V.; SILVA, M.D.A.; SCHORER, M. 2016 Substrates for biofilter in recirculating system in Nile tilapia larviculture production. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(3), 553-560.

SÁNCHEZ-MUROS, M^a.J.; HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C.E.; VILLARECES, S. BARROSO, F.G. 2015 Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*.

SANTOS, E.L.; LUDKE, M.C.M.M.; BARBOSA, J.M.; RABELLO, C.B.V.; LUDKE, J.V.; WINTERLE, W.M.C.; SILVA, E.G. 2009 Níveis de farelo de coco em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(2), 390-397.

SCORVO FILHO, J.D.; FRASCÁ, C.M.D.; ALVES, J.M.C.; DE SOUZA, F.R.A. 2010 A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 112-118.

SCORVO FILHO, J.D.; FRASCÁ, C.M.D.; 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).

SHEPPARD, D.C.; NEWTON, G.L.; THOMPSON, S.A.; SAVAGE, S. 1994 A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3), 275-279.

SHIAU, S.; YU, Y. 1999 Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 179(1), 439-446.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235.

SOKAL, R.; ROHLF, J. 1995. *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*. W H Freeman, New York.

ST-HILAIRE, S.; SHEPPARD, C.; TOMBERLIN, J.K.; IRVING, S.; NEWTON, L.; MCGUIRE, M.A.; SEALEY, W. 2007 Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1), 59-67.

VAN HUIS, A. 2013 Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. 2013 Edible insects: future prospects for food and feed security (N° 171). Food and agriculture organization of the United nations (FAO).

WATSON, C.A.; HILL, J.E. 2006 Design criteria for recirculating, marine ornamental prouction systems. *Aquacultural Engineering*, 34, 157-162.

WHITLEY, S. N.; BOLLENS, S. M. 2014 Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. *Environmental biology of fishes*, 97(6), 659-674.

YANG, Y.; YANG, J.; WU, W.; ZHAO, J.; SONG, Y.; GAO, L.; YANG, R.; JIANG, L. 2015 Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. *Environmental Science and Technology*, 49(1), 12080-12086.

ZAR, J.H. 1984. Biostatistical analysis. second ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos aqui realizados apontam para um bom potencial de utilização de farinhas de insetos como ingrediente na nutrição de tilápias. A farinha de barata se sobressaiu a farinha de tenébrio, principalmente pela sua melhor qualidade nutricional, proteica e energética. A farinha de tenébrio pode ser utilizada como fonte de lipídeos na dieta, sendo este o principal limitante da sua utilização. Atualmente as recomendações de farinha de insetos para peixes são variáveis quanto a espécie de peixe produzida, bem como pela composição da farinha, (significativamente influenciada pela alimentação destes insetos). Diante disso podemos recomendar o máximo de inclusão de 10% de farinhas de insetos para tilápias, corroborado com os dados de desempenho zootécnico, perfil de microrganismos, perfil bacteriológico, composição bioquímica e de componentes do sangue e qualidade de carcaça do presente estudo. Níveis superiores a 10% de inclusão de farinha de insetos podem ocasionar mortalidade na fase de berçário de tilápias (tenébrio) e queda de desempenho (barata). Estes resultados são atribuídos possivelmente a excesso de quitina, presença da toxina 1,4 benzoquinona, excesso de lipídeos nas dietas, fatores antinutricionais, entre outros fatores que devem ser melhor compreendidos. Para o sistema bioflocos são necessários mais estudos a fim de promover uma constante de alimentação natural fornecida pelo sistema, e ajusta-lo as exigências nutricionais dos peixes. A combinação bioflocos + farinha de insetos deve ser melhor compreendida.

RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

- Realizar análises econômicas para a utilização de farinhas de insetos;
- Tentar modelar o perfil de ácidos graxos da FLT, com suplementação de EPA e DHA;
- Compreender melhor os fatores que limitam a inclusão de farinha de insetos e que causam mortalidades;
- Utilizar outras fases de criação de tilápias, além de outras espécies de interesse comercial;
- Utilizar outras espécies de insetos, visto as mais de 1 milhão de espécies já descritas;
- Suplementar com enzimas, como por exemplo, quitinases. Para possivelmente aumentar os níveis de inclusão de farinha de insetos.
- Realizar estudos mais avançados sobre a relação dos microrganismos do bioflocos com os ingredientes utilizados nas rações, principalmente aqueles considerados alternativos (como o caso das farinhas de inseto).

1.5 REFERÊNCIAS

- ALI, M.; HAYWARD, R.S.; BAJER, P.G.; WHITLEDGE, G.W. Maintenance/submaximum feeding schedules for reducing solid wastes and improving feed conversion in aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.41, n.3, p.319-331, 2010.
- ANIEBO, A.O.; ERONDU E.S, OWEN, O.J. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. **Revista UDO Agricola**, v.9, n.3, p.666-671, 2009.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology** - A Practical Guide Book, 3. ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge: Louisiana, EUA, 2015, p.258.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology**: A pratical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA, 2009, p.182.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v.264, p.140-147, 2007.
- AZEVEDO, V.G.; NETO, H.G.; ALMEIDA, H.L.P.S.; SANCHES, E.G. Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos - procedimento operacional padrão (POP) -. 13 p. Outubro, 2014. Disponível em: <http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftppeca/Sist_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.E. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.283, p.29-35, 2008.
- AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; MANTINGH, I.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.34, p.85-92, 2003.
- BRITO, T.M.D.; SILVA, A.M.C. Taxa de sobrevivência de tilápia *Oreochromis niloticus* em tanque de decantação com águas salobras em sistema intensivo de cultivo. **Actapesca**, v.2, n.2, p.40-50, 2014.
- BURFORD, M. A. et al. The effect of dietary protein on the growth and survival of the shrimp *Penaeus monodon* in outdoor tanks. **Aquaculture Nutrition**, v.10, n.1, p.15-23, 2004.
- COLLAVO, A.; GLEW, R.H.; HUANG, Y.S.; CHUANG, L.T.; BOSSE, R.; PAOLETTI, M.G. House cricket small-scale farming. In: Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails. Ed. Paoletti, M. G. New Hampshire Science Publishers. p.519-544, 2005.
- EDING, E. H.; KAMSTRA, A.; VERRETH, J. A. J.; HUISMAN, E. A.; KLAPWIJK, A. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.234-260, 2006.
- EKASARI, J.; CRAB, R.; VERSTRAETE, W. 2010 Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. **HAYATI Journal of Biosciences**, v.17, n.3, p.125-130, 2010.
- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K., p.277, 2006.

EZEWUDO, B.I.; MONEBI, C.O; UGWUMBA, A.A.A. Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.23, p.2363-2371, 2015.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Edible insects: Future prospects for food and feed security**. Forestry paper, v.171, p.1-154, 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Insects for food and feed**, 2015. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>> acesso em 02 de novembro de 2015.

GASCO, L.; GAI, F.; PICCOLO, G.; ROTOLO, L.; LUSSIANA, C.; MOLLA, P.; CHATZIFOTIS, S. Substitution of fish meal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles. In: Insects to Feed the World, The Netherlands, 14-17 May 2014. p.80. 2014b.

GASCO, L.; BELFORTI, M.; ROTOLO, L.; LUSSIANA, C.; PARISI, G.; TEROVA, G.; RONCARATI, A.; GAI, F. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Insects to Feed the World, The Netherlands, 14-17 May 2014. p. 78. 2014a.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal: REVIEW ARTICLE. **Aquaculture Research**, USA, v.41, n.5, p.770- 776, 2010.

HARGREAVES, J.A. **Biofloc production systems for aquaculture**. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication, n.4503, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, v. 43, p.1-49, 2015.

KHAN, S.; NAZ, S., SULTAN, A., ALHIDARY, I.A., ABDELRAHMAN, M.M., KHAN, R.U., KHAN, N.A.; KHAN, M.A.; AHMAD, S. Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. **World's Poultry Science Journal**, v.72, n.1, p.93-102, 2016.

KOLAREVIC, J.; SELSET, O.; FELIP, C.; GOOD, K.; SNEKVIK, H.; TAKLE, E.; YTTEBORG, G.; BÆVERFJORD, T.; ÅSGÅRD, B.F.; TERJESEN. Influence of long term ammonia exposure on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr growth and welfare. **Aquaculture Research**, v.44, n.11, p.1649-1664, 2013.

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

LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v. 422-423, p. 1-7, 2014.

MAKKAR, H.P.S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p.1-33, 2014.

MARTINS, C.I.M.; EDING, E.H.; VERDEGEM, M.C.J.; HEINSBROEK, L.T.N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J.P.; ROQUE D'ORBCASTEL, E.; VERRETH, J.A.J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. **Aquaculture Engineering**, v.43, n.3, p.83–93, 2010.

MCINTOSH, B.J.; SAMOCHA, T.M.; JONES, E.R.; LAWRENCE, A.L.; MCKEE, D.A.; HOROWITZ, S. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of

Litopenaeus vannamei with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v.21, n.3, p.215-227, 2000.

MELO, F.P.; FERREIRA, M.G.P.; DE LIMA, J.P.V.; CORREIA, E.S. Cultivo do camarão marinho com bioflocos sob diferentes níveis de proteína com e sem probiótico. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.202-210, 2015.

NG, W.K.; LIEW, F.L.; ANG, L.P.; WONG, K.W. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, v.32 (Suppl. 1), p.273-280, 2001.

NUTRINSECTA. Criação de *Tenebrio molitor*. 2013. Disponível em <<http://www.nutrinesecta.com.br/artigos/criacao-do-tenebrio-molitor/>> Acesso em 19 de outubro de 2016.

NWAMBA, H.O.; OGUNJI, J.O. Evaluating butterfly larvae (*Bematistes macaria*) meal as fishmeal substitute in diets of African catfish hybrid (*Heteroclarias*). **Indian Journal of Social and Natural Sciences**, v.1, n.1, p.78-84, 2012.

OGUNJI, J.O.; KLOAS, W.; WIRTH, M.; NEUMANN, N.; PIETSCH, C. Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.92, n.4, p.511-518, 2008

PICCOLO, G.; MARONO, S.; GASCO, L.; IANNACCONE, F.; BOVERA, F.; NIZZA, A. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. In: Insects to Feed the World, The Netherlands, 14–17 May 2014. p.76. 2014.

POTRICH, T.D.; LORINI, I.; VOSS, M.; STEFFENS, M.C.S.; PAVANI, D.P. Metodologia de criação de *tenebrio molitor* em laboratório para obtenção de larvas. Embrapa – trigo, documentos online nº 82. Dez, 2007. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do82_12.htm> Acesso em 19 de outubro de 2016.

RAKOCY, J.E.; RAKOCY, J.E.; DANAHER, J.J.; BAILEY, D.S.; SHULTZ, R.C. Development of a Biofloc System for the Production of Tilapia. **Aquaculture**, v.277, p. 138-145, 2008.

RAMOS-ELORDUY, J.; AVILA GONZALEZ, E.; ROCHA HERNANDEZ, A.; PINO, J.M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, v.95, n.1, p.214-220. 2002.

RIDHA, M.T.; CRUZ, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculation system. **Aquaculture Engineering**, v.24, n.2, p.157-166, 2001.

SÁNCHEZ-MUROS, M.J.; HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C.E.; VILLARECES, S. BARROSO, F.G. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. **Aquaculture Nutrition**, 2015.

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

SILVA, M.S.G.M. Desenvolvimento de um sistema de recirculação com uso de wetlands contruídas para efluentes da piscicultura. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

TAL, Y.; SCHREIER, H.; SOWERS, K. Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. **Aquaculture**, v.286, n.1-2, p.28-35, 2009.

TEIXEIRA, E.A.; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; EULER, A.C.C.; SALIBA, E.O.S. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.118-125, 2006.

TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M., **Recirculating Aquaculture Systems**. 3ª ed. Northeastern Regional Aquaculture Center, New York. 2007.

TRAN G., GNAEDINGER C., MÉLIN C., 2016. Mealworm (*Tenebrio molitor*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/16401> Last updated on March 23, 2016. Disponível em < <http://www.feedipedia.org/node/16401> > Acesso em 19 de outubro de 2016.

URS, K.C.D.; HOPKINS, T.L. Effective of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.8, n.4, p.299-305, 1973.

VAN HUIS, A.; ITTERBEECK, J.V.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. **Edible insects**: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper, n.171, 2013.

VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C.M.M.; OTTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. **Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets** - a feasibility study. Rapport 638 - Wageningen Livestock Research, 2012

WAMBACH, X.F. Influência de diferentes densidades de estocagem no desempenho produtivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) cultivada com tecnologia de bioflocos. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2013.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v.258, n.1, p.396-403, 2006.

WILÉN, B.M.; JIN, B.; LANT, P. Impacts of structural characteristics on activated sludge floc stability. **Water research**, v.37, n.15, p.3632-3645, 2003.

YANG, Y.; YANG, J.; WU, W.; ZHAO, J.; SONG, Y.; GAO, L.; YANG, R.; JIANG, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental Science and Technology**, v.49, n.1, p.12080-12086, 2015.

YOGEV, U.; SOWERS, K.R.; MOZES, N.; GROSS, A. Nitrogen and carbon balance in a novel near-zero water exchange saline recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v.467, p.118-126, 2017.

CARTA DE APROVAÇÃO DO CETEA



CARTA DE APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Experimentação Animal da UDESC analisou o(s) projeto(s):

Protocolo: 1.45.14

Título: Sistemas de bioflocos em aquicultura.

Coordenador/Pesquisador: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

O Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA) APROVOU o(s) projeto(s) acima relacionado(s) em seus aspectos éticos e metodológicos, para utilização de animais em pesquisa, de acordo com as diretrizes e normas nacionais e internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008 que disciplina a criação e utilização de animais em atividades de ensino e pesquisa no Brasil.

Lages, 02 de outubro de 2015.

Prof. Ubirajara Maciel da Costa
Coordenador do CETEA/UDESC