

Natalia Garcia do Espirito Santo

**AVALIAÇÃO DO CONCENTRADO PROTEICO DE SOJA NA
ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

Dissertação submetida ao programa de
Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do grau de Mestre em
Aquicultura

Orientadora: Débora Machado Fracalossi

Florianópolis - SC
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santo, Natalia Garcia do Espirito

Avaliação do concentrado proteico de soja na alimentação de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). / Natalia Garcia do Espirito Santo ; orientadora, Débora Machado Fracalossi - Florianópolis, SC, 2015.

55 p.

- Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. nutrição. 3. farinha de peixe. 4. peixe de água doce. 5. *Oreochromis niloticus*. I. Fracalossi, Débora Machado. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Avaliação do concentrado proteico de soja na alimentação de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Por

NATÁLIA GARCIA DO ESPÍRITO SANTO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

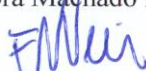


Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

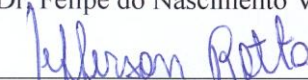
Banca Examinadora:



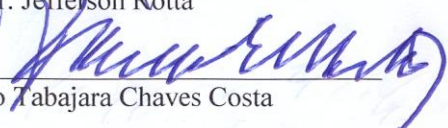
Dra. Débora Machado Fracalossi – *Orientadora*



Dr. Felipe do Nascimento Vieira



Dr. Jefferson Rotta



Dr. Paulo Tabajara Chaves Costa

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Débora Machado Fracalossi, pelos ensinamentos valiosos, sua paciência e pelo seu imenso carinho.

A todos meus colegas do LABNUTRI, pela amizade, apoio moral e pela ajuda de todo dia.

Ao professor Eduardo Cargin-Ferreira, pela ajuda nas análises nos estudos de histologia.

A todos os funcionários do LAPAD, representado pelos professores Evoy Zaniboni Filho e Alex Pires de Oliveira Nuñez, onde realizei os experimentos.

À minha família maravilhosa e amada, que sempre me incentivou e me deu suporte.

Ao meu namorado Augusto, que, como sempre, demonstrou muita paciência comigo e respeito pelo meu trabalho e, por muitas vezes, me ajudou.

Ao meu amigo Fernando Brignol, que fez papel de irmão e amigo e a quem eu agradeço por toda a ajuda fornecida.

Ao meu querido amigo Bruno Pierrri pelo precioso auxílio, pela linda amizade, paciência e pelos ensinamentos.

Aos amigos Renata Oselame e Luiz Eduardo Lima de Freitas pelos ensinamentos na formulação de ração e por estarem sempre dispostos a me ajudar.

Às minhas queridas amigas, Jaque De Bem, Mariana Roza de Abreu, Gicella Barros, Jade Oliveira, Carolina Lopes e Valquíria Garcia pela amizade, companheirismo e por sempre trazer leveza aos meus momentos de tensão.

Aos amigos e companheiros do LAPAD, por toda amizade e apoio.

À IMCOPA, pelo apoio concedido para a implementação dos estudos com o concentrado proteico de soja no LABNUTRI, bem como pelo financiamento do projeto.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Dedico à minha família, meu maior tesouro.

RESUMO

O concentrado proteico de soja (CPS) foi avaliado como sucedâneo da proteína animal (farinha de peixe e farinha de vísceras de aves) (POA) na dieta de juvenis de tilápia-do-Nilo. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína (PB) e matéria seca (MS) do CPS foram avaliados com uma dieta composta de 69,5% de uma dieta de referência, 30% de CPS e 0,5% de óxido de cromo. Os CDA foram 96,57% para PB e 76,84% para MS. Em posterior ensaio, dietas contendo níveis crescentes (0, 33, 67 e 100%) de substituição proteica (POA por CPS) foram fornecidas a juvenis de tilápia (10,0+0,18g) por 60 dias. O ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, retenção proteica, conversão alimentar, composição corporal, CDA da PB e MS e histologia hepática não foram influenciados pela substituição. Um terceiro ensaio alimentar foi executado para comparar o desempenho da tilápia, bem como o CDA da PB e MS, quando o CPS foi suplementado com metionina e treonina (100% CPS+aa, 100% CPS e 0% CPS). A suplementação com aminoácidos aumentou significativamente o ganho em peso diário da tilápia. As dietas contendo 100% CPS e 100% CPS+aa apresentaram valores de CDA da PB mais elevados do que a dieta contendo 0% CPS. No entanto, a digestibilidade da MS foi maior nos peixes alimentados com 0% CPS, quando comparado com aqueles alimentados com 100% CPS. Portanto, o CPS pode substituir a POA (farinha de peixe e farinha de vísceras de aves) em dietas para a tilápia-do-Nilo, sem prejudicar o desempenho dos peixes. No entanto, a suplementação da dieta com aminoácidos limitantes é aconselhável, uma vez que aumenta ainda mais o ganho em peso e a digestibilidade da proteína.

Palavras-chave: Aquicultura; nutrição; farinha de peixe; peixe de água doce; *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

Soy protein concentrate (SPC) was evaluated as a dietary replacement of animal protein sources (fish meal and poultry by-product meal) (APS) for juvenile Nile tilapia. Initially, apparent digestibility coefficients (ADC) of protein (CP) and dry matter (DM) of CPS were determined with a diet containing 69.5% reference diet, 30% SPC, and 0.5% chromic oxide. The ADC were 96.57% for CP and 76.84% for DM. In growth trial, diets with increasing levels of dietary SPC (0, 33, 67 and 100%) were fed to tilapia juveniles (10.0 + 0.18 g) for 60 days. Daily weight gain, specific growth rate, protein retention, feed efficiency, body composition, ADC of CP and DM and liver histology were not affected by the protein replacement. A third trial compared growth of tilapia and ADC of CP and DM, when SPC was supplemented with methionine and threonine (100%SPC+aa, 100% SPC and 0% SPC). The amino acid supplementation significantly increased tilapia daily weight gain. Diets containing 100% SPC and 100%SPC+aa also had higher protein ADC than diet containing only APS. However, the dry matter ADC was significantly higher in fish fed 0% SPC when compared to 100%SPC. Therefore, SPC can replace POA in diets for Nile tilapia, without undermining growth performance, protein retention, body composition, liver histology or protein digestibility. However, supplementation with the limiting amino acids is advisable, since it further increases weight gain and protein digestibility.

Keywords: Aquaculture; nutrition; fishmeal; freshwater fish; *Oreochromis niloticus*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema representativo do processo de fabricação do concentrado proteico de soja pela IMCOPA Importação, Exportação e Indústria de Óleos Ltda. (adaptado de CARVALHO, 2011)..... 23
- Figura 2. Ganho em peso diário de juvenis de tilápias alimentados com dietas contendo 0% CPS, 100% CPS e 100% CPS+suplementação de aminoácidos. ^{a,b}Barras com a mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)... 40
- Figura 3. Os cortes histológicos mostram a arquitetura normal do fígado nos níveis extremos de substituição de proteína animal na dieta com concentrado proteico de soja. Nota-se disposição típica das placas de hepatócitos, com sinusóides normais, veias centrais (v) e ductos (d). Tecido pancreático difuso (seta) aparece disperso no parênquima hepático (hp). Barra: 200 μ m; coloração: Giemsa..... 43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Compilação de alguns estudos de desempenho, onde foi avaliada a substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja, em diferentes espécies aquícolas 25
- Tabela 2. Compilação de alguns estudos onde foi avaliado o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de dietas com diferentes níveis de substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja 25
- Tabela 3. Formulação e composição proximal das dietas experimentais do ensaio de digestibilidade (base seca)..... 35
- Tabela 4. Formulação e composição proximal das dietas experimentais do ensaio de desempenho (base seca) 37
- Tabela 5. Comparação das exigências em aminoácidos essenciais da tilápia (*Oreochromis* sp.) com os valores estimados de aminoácidos nas dietas com substituição proteica..... 38
- Tabela 6. Crescimento e eficiência alimentar de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com níveis crescentes de substituição de proteína animal (farinha de vísceras de aves e farinha de peixe) por concentrado proteico de soja por 60 dias. Os valores representam médias e respectivos erros padrões das médias (SEM)^{1,2}..... 41
- Tabela 7. Composição corporal de juvenis de tilápia-do-Nilo (base úmida) alimentados com dietas contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição à proteína animal. Os valores são médias e erros padrões das respectivas médias (SEM)..... 41
- Tabela 8. Composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo (base úmida). quando alimentados com dietas contendo 0% CPS, 100% CPS e 100% CPS+aa. Os valores são médias e erros padrão das respectivas médias (SEM) 42
- Tabela 9. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e matéria seca de dietas contendo níveis crescentes de CPS em substituição à proteína animal. Os valores são médias e erros padrão das respectivas médias (SEM)..... 42

Tabela 10. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e matéria seca de dietas contendo 0%CPS, 100% CPS, e 100% CPS+aa. Os valores são médias e erros padrões das respectivas médias43

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
Ingredientes proteicos utilizados comumente na formulação de rações para peixes.....	20
Farinha de peixe	20
Farinha de vísceras de aves	20
Farinha de carne e ossos	21
Farelo de soja	21
Concentrado proteico de soja – fonte alternativa de proteína para rações animais	22
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	26
JUSTIFICATIVA.....	27
OBJETIVOS.....	29
Objetivo geral.....	29
Objetivos específicos.....	29
ARTIGO CIENTÍFICO.....	31
1. Introdução	32
2. Material e métodos.....	33
2.1. Ensaio de digestibilidade do CPS	33
2.2. Ensaio de desempenho.....	35
2.3. Histologia.....	39
2.4. Análises das dietas, fezes e composição corporal.....	39
2.5. Análise estatística	39
3. Resultados	40
4. Discussão	43
5 Conclusão.....	45
6. Agradecimentos	45
7 Referências bibliográficas.....	46
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	51

INTRODUÇÃO GERAL

As proteínas são os principais componentes do organismo animal, perfazendo 65 a 75% do total de matéria seca corporal. São responsáveis, ainda, pela estrutura (músculo, colágeno, queratina) e mecanismos de regulação do metabolismo (enzimas e hormônios), transporte (hemoglobina) e defesa (anticorpos), sendo necessário seu contínuo suprimento alimentar para atender às exigências de manutenção e produção. (PORTZ; FURUYA, 2013). A unidade formadora das proteínas são os aminoácidos, sendo importante o equilíbrio desses em uma ração para assegurar o máximo crescimento dos animais.

Peixes e camarões não sintetizam todos os aminoácidos, os adquirindo invariavelmente de suas dietas, através do consumo de proteínas e misturas de aminoácidos (NRC, 2011). Os peixes exigem dez aminoácidos essenciais em sua dieta, sendo eles: arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina (NRC, 2011). Somente a ingestão regular de proteína supre o organismo com os aminoácidos exigidos continuamente, tanto para formar novas proteínas, para crescimento e reprodução, como para repor proteínas que são degradadas no corpo do peixe, como na manutenção de tecidos e órgãos (PORTZ; FURUYA, 2013).

Na aquicultura intensiva, mais de 50% dos custos de produção provém das rações, sendo a proteína o nutriente mais caro (EL-SAYED, 1999). A disponibilidade de ingredientes proteicos de boa qualidade para fabricação de rações é uma preocupação dos fabricantes. Dentre os ingredientes proteicos de origem animal comumente utilizados para a fabricação de rações, destacam-se a farinha de peixe, a farinha de vísceras de frango e a farinha de carne e ossos, mas estes possuem alta demanda, pouca disponibilidade e variações constantes na sua composição. Ainda, existe o farelo de soja, ingrediente proteico de origem vegetal bastante utilizado nas formulações, mas este possui alguns fatores antinutricionais e deficiência em alguns aminoácidos essenciais. Para solucionar estes problemas, vários estudos são realizados para encontrar ingredientes alternativos, que possam substituir parcial ou totalmente os ingredientes comumente utilizados para a fabricação de rações e atender às exigências dos animais com a mesma qualidade (SOUZA et al., 2004).

Ingredientes proteicos utilizados comumente na formulação de rações para peixes

Farinha de peixe

É considerada a principal fonte proteica em rações para aquicultura. É a proteína ideal e alimento padrão em ensaios experimentais, em função de seu elevado valor biológico (PEZZATO, 2002).

Em 1999, a demanda da aquicultura para farinha de peixe foi de 32% do total produzido (NEW;WIJKSTOM, 2002), já em 2006, a aquicultura consumiu aproximadamente 3.724.000 t de farinha de peixe, ou seja, 68,2% da produção total de farinha de peixe produzida naquele ano (TACON;METIAN, 2008).Na última década, a produção de farinha de peixe se manteve estável, em torno de seis milhões de toneladas por ano, mas houve aumento exponencial de seu consumo, o que tem elevado seu custo(FAO, 2012).

A farinha de peixe inteiro, produzida a partir de captura de peixes pelágicos (anchoveta, savelha, arenque, pescada branca), é a mais disponível no mercado internacional. No Brasil, entretanto, é mais comum encontrar farinha de peixes produzida a partir de resíduos do processamento de peixes (marinho ou água doce) e da captura marginal da pesca marinha. Esta farinha é obtida a partir de resíduos da filetagem (cabeça, pele, vísceras, nadadeiras) por isto apresenta menor teor proteico, menor disponibilidade de aminoácidos essenciais e maior quantidade de cinzas (PASTORE et al., 2013).

Farinha de vísceras de aves

A farinha de vísceras de aves é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida a inclusão de cabeças e pés. Não deve conter penas (exceto aquelas que podem ocorrer não intencionalmente), resíduos de incubatório, casca de ovo ou outras matérias estranhas a sua composição (SINDIRAÇÕES, 2009).

Apresenta níveis de 55 a 68% de proteína bruta (PB), além de elevada disponibilidade de cálcio e fósforo e bom perfil de aminoácidos (SIGNOR et al., 2008).Apesar disso, a farinha de vísceras apresenta alguns problemas como: 1) níveis altos de gorduras insaturadas, necessitando de processamento com antioxidantes;2) variação frequente na composição, o que pode gerar uma dificuldade maior quanto a sua utilização em rações para peixes (FERNANDES et al., 2011) e 3) pode

apresentar excesso de fósforo, que será excretado na forma hidrossolúvel, podendo causar eutrofização, que é um dos mais sérios problemas de degradação de águas em viveiros, mananciais, lagos, rios e áreas alagadas (VAN DER PLOEG; BOYD, 1991).

Farinha de carne e ossos

É produzida em graxarias por coleta de resíduos, ou em frigoríficos a partir de ossos e tecidos obtidos após a desossa completa da carcaça de bovinos. Estes tecidos e ossos são moídos, cozidos e prensados para extração de gordura e novamente triturados.

Existem três vias de obtenção da matéria-prima para produção deste ingrediente: 1) material classificado como fora do padrão de qualidade para consumo humano e confiscado pelo Sistema de Inspeção Federal [SIF]; 2) resíduo de processamento de carne enlatada e/ou embutidos; e 3) resíduos de abatedouros (PASTORE et al., 2013). Possui em média 50% de proteína bruta, 30% de matéria mineral e de 10 a 20% de gordura (ALLAN; ROWLAND, 2005).

Sua inclusão em rações para peixes deve estar limitada a um máximo de 15% (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000), pois a natureza da matéria-prima e os métodos de processamento podem fazer com que a qualidade da proteína varie acentuadamente (JOHNSTON; COON, 1979). A variabilidade da qualidade da proteína da farinha de carne e ossos é uma das preocupações mais importantes e, muitas vezes, limita a sua utilização na alimentação animal (PARSONS et. al., 1997).

Farelo de soja

Dentre as fontes comerciais de proteína de origem vegetal, a opção com maior potencial para a substituição da farinha de peixe a nível global é a soja. No aspecto de disponibilidade, o Brasil está em posição vantajosa em relação a outros países, por ser um dos três maiores produtores mundiais de soja. Apenas em 2013, o Brasil produziu cerca de 82 milhões de toneladas. (IBGE, 2013). Quanto à distribuição da produção, essa planta japonesa - originalmente de clima temperado, é atualmente cultivada em todas as regiões brasileiras, graças ao melhoramento genético realizado no país (TSUKAMOTO; TAKAHASHI, 1992).

A necessidade do processamento térmico da soja integral, para sua utilização na alimentação de animais monogástricos fez com que se

desenvolvessem vários tipos de processamentos, visando à destruição dos fatores antinutricionais presentes no grão da soja crua e à manutenção das suas qualidades nutritivas (SAKOMURA et al., 1998). Portanto, o farelo de soja deve ser tostado ou extrusado e combinado a outras fontes proteicas, de preferência de origem animal, para melhorar sua palatabilidade e suprir sua deficiência em alguns aminoácidos e ácidos graxos essenciais.

Concentrado proteico de soja – fonte alternativa de proteína para rações animais

Com o constante aumento do preço da farinha de peixe, os concentrados de proteína vegetal, como o concentrado proteico de soja, ganham importância crescente em relação ao farelo de proteína vegetal comum. Por exemplo, prevê-se que a procura de concentrados proteicos de soja para *aquafeeds* seja superior a 2,8 milhões de toneladas em 2020 (FAO,2012).

Para o processamento de produtos da soja, grãos de alta qualidade são selecionados, limpos e descascados e, em seguida, o óleo é extraído para cozimento, biodiesel e outros usos. O resíduo, constituído por flocos brancos desengordurados é utilizado para fazer a farinha de soja, o farelo de soja (após ser torrado e moído), ou sujeito a processamento adicional para a produção de concentrados e isolados proteicos (USSEC, 2008).

O concentrado proteico de soja é obtido através da remoção do óleo e da fração proteica não solúvel em água, por meio de lavagem com etanol ou hexano, que extrai os açúcares não digestíveis (rafinose e estaquiose) presentes na soja (Figura 1). A lavagem com solução alcoólica propicia a remoção e a desnaturação dos fatores antinutricionais da soja, além da eliminação de lipídios residuais (CARVALHO,2011).

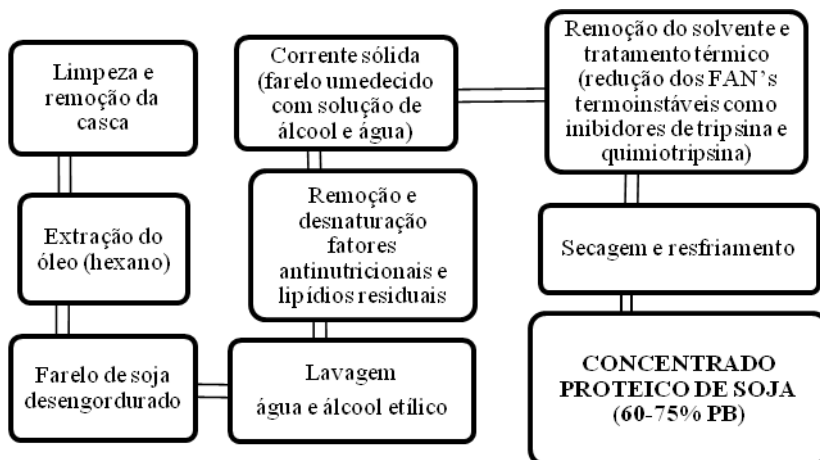


Figura 1. Esquema representativo do processo de fabricação do concentrado proteico de soja pela IMCOPA Importação, Exportação e Indústria de Óleos Ltda (adaptado de CARVALHO, 2011).

No processo de extração, podem ser utilizados vários tipos de extratores, contínuos ou rotativos e, nessa fase, por causa da recuperação do solvente, são eliminados todos os fatores antinutricionais presentes na soja, tais como as proteínas antigênicas, hemaglutinina, glicina e a conglicina, além dos inibidores de proteases e as lecitinas que interferem na absorção de nutrientes e inibem o crescimento (BUTOLO, 2010). Ainda, existem outros fatores antinutricionais que são produzidos por compostos relativamente estáveis ao calor, como os goitrogênicos, fitoestrógenos, saponina e fitatos que também são eliminados no processo (BUTOLO, 2010). Para animais monogástricos, a presença desses fatores antinutricionais na soja prejudica a digestibilidade dos nutrientes e aumenta o tempo de passagem do alimento pelo sistema digestório, o que resulta em menor consumo de ração (SCHOULTEN et al., 2003).

Quando comparado ao farelo de soja, o concentrado proteico possui mais proteína bruta, aproximadamente 65%, conteúdo semelhante ao observado em farinha de peixe, além de níveis baixos de fatores antinutricionais. Entretanto, também contém deficiências em alguns aminoácidos essenciais, como a metionina (KAUSHIK et al., 1995). Dersjant-li (2002) indica que baixos níveis de metionina podem contribuir para redução no crescimento, quando altos níveis de concentrado proteico de soja são adicionados à dieta, sendo necessária a

suplementação de aminoácidos para suprir às exigências da espécie alvo e obter melhores resultados.

A tolerância quanto à quantidade de concentrado adicionado as rações está intimamente relacionada ao hábito alimentar e às exigências nutricionais de cada espécie (NRC, 2011). Portanto, é importante que estudos sejam feitos para quantificar o melhor nível de inclusão para cada espécie, sem prejudicar seu desempenho. O concentrado proteico de soja já foi testado em dietas para algumas espécies de peixes e camarões, conforme sumarizado nas Tabelas 1 e 2, demonstrando bom potencial para substituir a proteína de origem animal.

Tabela 1. Compilação de alguns estudos de desempenho, onde foi avaliada a substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja, em diferentes espécies aquícolas.

Espécie	Peso Inicial	Melhor Substituição Proteica	Suplementação de aa	Duração do Estudo	Referência Bibliográfica
	G	%	de aa	Dias	
Salmão do Atlântico	100	75	-	84	STOREBAKKEN, 1998
<i>Salmo salar</i>					
Read sea bream	11,7	52	Metionina e Lisina	60	TAKAGI et al., 2001
<i>Pagrus major</i>					
Truta arco-íris	106	50	Metionina	90	MAMBRINI et al., 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	7	49	Metionina e Taurina	84	BOONYOUNG et al., 2012
Tilapia-do-Nilo	1,6	100	Metionina	56	ZHAO et al., 2010
<i>Oreochromis niloticus</i>					
Camarão tigre	1,5	50	-	56	PARIPATANANONT, 2001
<i>Penaeus monodon</i>					
Camarão branco do pacífico	3,36	61	Metionina	72	SÁ et al., 2013
<i>Litopenaeus vannamei</i>					

Tabela 2. Compilação de alguns estudos onde foi avaliado o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de dietas com diferentes níveis de substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja.

Espécie	Peso Inicial	Nível ótimo de substituição	Suplementação de aa	CDA, %	Duração do estudo	Referência	
	g	%	de aa	Proteína	Matéria seca		
Truta arco íris	102,5	50	Metionina	92,7	77,0	30	MAMBRINI et al., 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>							
Salmão do Atlântico	100	50	-	85,0	-	84	STOREBAKKEN et al., 1998
<i>Salmo salar</i>							

Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia-do-Nilo é uma espécie de hábito alimentar onívoro, bastante rústica, pois se adapta tanto à criação extensiva, sem fornecimento de rações, quanto à intensiva, em tanques-rede, com rações completas e alta tecnologia de produção (MEURER et. al., 2003). Além disso, possui boa aceitação pelo mercado consumidor por apresentar carne de ótima qualidade e sem espinhos no seu filé (HILDSORF, 1995). O Brasil produziu 169.306 toneladas de tilápia em 2012, representando 43,1 % do total de pescado cultivado no País (IBGE, 2013).

O intestino da tilápia-do-Nilo é cerca de seis vezes o seu comprimento total, que fornece uma grande área de superfície para a digestão e absorção de nutrientes da dieta. Portanto, a tilápia utiliza eficientemente a proteína e a energia de fontes vegetais (GOMINHO-ROSA et. al., 2014), bem como a partir de fontes animais.

Embora as tilápias sejam peixes oportunistas quanto ao hábito alimentar e possam, portanto, ser alimentadas e adequadamente nutridas com rações formuladas e processadas exclusivamente à base de produtos de origem vegetal, a farinha de peixe é utilizada como fonte padrão de proteína destas rações, em função, principalmente, do balanço de aminoácidos (FURUYA, 2013). Dado o elevado custo da farinha de peixe no mercado brasileiro, a farinha de vísceras e a farinha de carne e ossos são usadas para substituir parcial ou totalmente a farinha de peixe em rações comerciais (FURUYA, 2013). Entretanto, as perspectivas promissoras de contínuo crescimento na produção das fontes proteicas de origem vegetal encorajam contemplar que as rações comerciais para tilápias sejam formuladas e processadas utilizando somente farinhas de origem vegetal (NEW, 1987; LUQUET, 1991; STICKNEY, 1997; LOVELL, 1998; SHIAU, 2002; NRC, 2011 apud FURUYA, 2013).

JUSTIFICATIVA

A farinha de peixe e a farinha de vísceras de frango são comumente utilizadas na fabricação de rações para tilápia-do-Nilo, porém apresentam limitações particulares como alta demanda, alto custo e variação constante na composição, o que pode dificultar sua utilização. Portanto, há o desafio de produzir dietas que atendam às exigências de manutenção e produção, por meio da substituição destas farinhas por ingredientes alternativos nas formulações.

O concentrado proteico de soja é estudado como ingrediente alternativo em potencial para substituir a proteína de origem animal na dieta de peixes, mas para tilápia-do-Nilo, esse conhecimento ainda é escasso.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja na dieta de juvenis de tilápia-do-Nilo.

Objetivos específicos

- Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca e proteína do concentrado proteico de soja pela tilápia-do-Nilo.
- Avaliar o desempenho zootécnico (ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de retenção proteica, conversão e eficiência alimentar e composição corporal) de juvenis de tilápia-do-Nilo, alimentados com dietas práticas contendo níveis crescentes de substituição da proteína de origem animal pelo concentrado proteico de soja.
- Determinar a digestibilidade aparente da matéria seca e proteína das dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe e farinha de vísceras pelo concentrado proteico de soja, para a tilápia-do-Nilo.
- Avaliar os efeitos do concentrado proteico de soja no fígado das tilápias, por meio de análises histológicas.

CAPÍTULO 1

***O artigo científico que segue foi redigido conforme as normas para
submissão ao Boletim do Instituto de Pesca.**

SUBSTITUIÇÃO DE FONTES PROTEICAS DE ORIGEM ANIMAL PELO CONCENTRADO PROTEICO DE SOJA NA DIETA DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO

Natalia Garcia do ESPIRITO SANTO¹, Vitor Augusto Giatti
FERNANDES², Bruno da Silva PIERRI³, Débora Machado
FRACALOSSI⁴

Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI),
Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

¹natyages@gmail.com, ²vitor.giatti@gmail.com,

³pierri.bruno@hotmail.com, ⁴debora.fracalossi@ufsc.br

Rodovia Admar Gonzaga, 1346Florianópolis, SC CEP 88034-001

RESUMO

O concentrado proteico de soja (CPS) foi avaliado como sucedâneo da proteína animal (farinha de peixe e farinha de vísceras de aves, POA) para juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Os coeficientes de digestibilidade aparente do ingrediente foram avaliados com dieta composta por 69,5% de uma dieta referência, 30% CPS e 0,5% de óxido de cromo. Os resultados foram 96,57% para PB e 76,84% para MS. Em um segundo ensaio, de dose resposta, juvenis de tilápia (10,0 + 0,18 g) foram alimentados com níveis crescentes de CPS (0, 33, 67 e 100%) em substituição à POA. O ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, taxa de retenção proteica, conversão alimentar, CDA, composição corporal e histologia hepática não foram influenciados pela substituição proteica. Um terceiro ensaio alimentar avaliou o crescimento e a digestibilidade das dietas pela tilápia quando o CPS foi suplementado com metionina e treonina (100% CPS + aa) em comparação com os tratamentos 100% CPS e 0% CPS. A suplementação de aminoácidos aumentou significativamente o ganho em peso diário das tilápias. As dietas contendo 100% CPS e 100% CPS + aa promoveram valores de CDA da PB mais elevados do que da dieta contendo 0% CPS. No entanto, os valores de CDA da MS foram significativamente maiores nos peixes alimentados com 0% CPS quando

comparado com 100% CPS. Portanto, o CPS pode substituir a POA em dietas para a tilápia-do-Nilo, sem prejudicar o crescimento, retenção proteica, composição corporal, digestibilidade proteica e morfologia hepática dos peixes. No entanto, a suplementação de CPS com aminoácidos limitantes é aconselhável, uma vez que aumenta ainda mais o ganho em peso e a digestibilidade proteica.

Palavras-chave: nutrição; aquicultura, farinha de peixe; peixe de água doce; *Oreochromis niloticus*.

1. INTRODUÇÃO

A tilápia-do-Nilo é uma espécie de hábito alimentar onívoro e seu intestino mede cerca de seis vezes o seu comprimento total, fornecendo grande área de superfície para a digestão e absorção de nutrientes da dieta (GOMINHO-ROSA et al., 2014). Isto permite que esta espécie utilize eficientemente proteína a partir de fontes vegetais, bem como a partir de fontes animais.

Apesar da farinha de peixe ser uma fonte proteica valiosa em dietas para a aquicultura, sua inclusão em dietas comerciais para a tilápia-do-Nilo é geralmente muito baixa devido ao seu alto custo. Outras fontes de proteína animal, prontamente disponíveis no Brasil, podem ser usadas em dietas, tais como farinha de vísceras de aves, embora, seu maior teor de gordura e sua composição variável (FERNANDES, 2011) possam restringir sua inclusão em rações para tilápia.

O farelo de soja é tradicionalmente utilizado como fonte proteica em rações comerciais para tilápia. No entanto, fatores antinutricionais, baixa palatabilidade, bem como a deficiência em certos aminoácidos e ácidos graxos essenciais podem representar algumas restrições (RIBEIRO, 2012). Por outro lado, o concentrado proteico de soja (CPS) apresenta maior conteúdo proteico, em torno de 65%, semelhante ao encontrado em farinha de peixe, mas baixos níveis de fatores antinutricionais, apesar de ainda apresentar deficiência em certos aminoácidos essenciais, tais como metionina (KAUSHIK et al., 1995).

O concentrado proteico de soja é obtido pela remoção do óleo e da fração proteica, que não é solúvel em água, por lavagens com uma solução alcoólica. Esta lavagem remove e/ou desnatura fatores antinutricionais soja, além de eliminar lipídios residuais (CARVALHO, 2011).

O concentrado proteico de soja já foi testado na dieta de algumas espécies de peixes e camarões, como a truta arco-íris

(*Oncorhynchus mykiss*) (MAMBRINI et al., 1999), salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (STOREBAKKEN et al., 1998), camarão tigre, (*Penaeus monodon*) (PARIPATANANONT et al., 2001) e camarão branco do Pacífico, (*Litopenaeus vannamei*) (SÁ et al., 2013) e revelou bom potencial para substituir a proteína de origem animal. Além disso, a suplementação do CPS com metionina promoveu crescimento adequado para truta arco-íris (KAUSHIK et. al, 1995) e tilápia-do-Nilo (ZHAO et al., 2010) ao substituir totalmente a proteína da farinha de peixe.

O presente estudo teve como objetivo avaliar níveis crescentes de concentrado proteico soja em substituição à proteína animal (farinha de peixe e farinha de vísceras de aves) em dietas para juvenis de tilápia-do-Nilo. Também foi avaliada a digestibilidade da proteína e matéria seca do ingrediente pela tilápia, além do seu efeito no tecido hepático por meio de análises histológicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Ensaio de digestibilidade do CPS

A digestibilidade do CPS para a tilápia-do-Nilo foi avaliada em experimento com delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, em triplicata: 1) dieta referência (composta por ingredientes semipurificados) e 2) dieta teste (69,5% da dieta referência e 30% de CPS), ambas contendo 0,5% de óxido de crômio, utilizado como marcador inerte para o cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente (Tabela 3).

Sessenta juvenis de tilápia (185,00 ±14,32 g), linhagem GIFT, adquiridos em fazenda comercial (Piscicultura Acquasul, Ihota, SC), foram estocados em seis tanques cilindro-cônicos de 200L, na densidade de 10 peixes por tanque, totalizando cerca de 1850g de biomassa por tanque. Antes do início do ensaio, os peixes foram aclimatados às condições experimentais por uma semana. Os tanques, acoplados a um sistema fechado de recirculação de água, com aeração constante e temperatura controlada (27,0 ± 1°C), foram equipados com tubos, no fundo, para coleta de fezes. Foram mantidas condições ideais de qualidade de água para a espécie (POPMA & LOVSHIN, 1994): oxigênio dissolvido= 4,19 ± 0,14 mg L⁻¹; temperatura= 27,2 ± 0,16°C e pH= 6,23 ± 0,06. O fotoperíodo foi de 12 h e a renovação de água, 1,5 L min⁻¹.

Na preparação das dietas experimentais, os ingredientes secos foram homogeneizados em misturador “Y” e os óleos e água adicionados subsequentemente. A mistura resultante foi extrusada em matriz de 4 mm e seca em estufa com recirculação de ar forçado a 55°C.

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (10:00 e 16:00 h) até a saciedade aparente. Antes da coleta das fezes, aproximadamente 1 h após a última alimentação, as paredes internas dos tanques eram limpas e cerca de 70% da água renovada, para evitar contaminações das fezes com as dietas. Em seguida, os tubos coletores eram acoplados no fundo dos tanques, onde as fezes eram depositadas por sedimentação para posterior coleta, segundo metodologia proposta por Kitagima & Fracalossi (2009). A coleta das fezes foi feita três vezes ao dia, com intervalos de 6 h (22:00, 04:00 e 10:00 h). Após as coletas, as fezes eram centrifugadas, secas em estufa a 60°C, moídas e armazenadas em freezer para posterior análise.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca e proteína foram calculados seguindo a equação proposta por CHO & SLINGER (1979):

$$CDA = 100 - [100 (Cr_2O_3d / Cr_2O_3f \times Fn / Dn)]$$

Onde: CDA = coeficiente de digestibilidade aparente, %

Cr₂O₃d = óxido de cromo na dieta, %;

Cr₂O₃f: óxido de cromo nas fezes, %

Fn: nutriente nas fezes, %;

Dn: nutriente na dieta, %

Tabela 3. Formulação das dietas experimentais do ensaio de digestibilidade (base seca).

Ingredientes, %	Dieta	
	Referência	Teste (Referência + CPS)
Concentrado proteico de soja ¹	0,0	30,0
Caseína ²	28,3	19,8
Gelatina ²	8,8	6,1
Amido ²	48,5	34,0
Celulose ²	4,0	2,8
Óleo de peixe ³	2,0	1,4
Óleo de soja ⁴	2,8	2,0
Fosfato bicálcico ⁵	2,0	1,4
Premix vitamínico/micromineral ⁶	1,0	0,7
Premix macromineral ⁷	2,0	1,4
Cloreto de Colina ²	0,1	0,0
Óxido de cromo III ⁸	0,5	0,1

¹IMCOPA - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A. (Araucária, PR). ²RHOSTER - Indústria e Comércio Ltda (Araçoiaba da Serra, SP). ³Delaware (Porto Alegre, RS). ⁴BUNGE (Gaspar, SC). ⁵TORTUGA(São Paulo, SP). ⁶VACCINAR (Pinhais, PR). Composição kg⁻¹ produto: 1.200 mg ácido fólico, 10.000 mg ácido pantotênico, 200 mg biotina, 100.000 mg colina, 20.000 mg niacina, 2.400.000 UI vitamina (vit.) A, 4.000 mg vit. B1, 8000 mg vit.B12, 4000 mg vit.B2, 3500 mg vit.B6, 60.000 mg vit. C, 600.000 UI vit. D3, 30.000 UI vit.E, vit. K 3.000 mg, 80 mg cobalto, 3.400 mg cobre, 20.000 mg ferro, 160 mg iodo, 10.000 mg manganês, 100 mg selênio, 24.000 mg zinco, 25.000 mg inositol. ⁷VACCINAR (Pinhais, PR). Composição (kg⁻¹ produto): 45,40% fosfato bicálcico, 29,70% cloreto de potássio, 17,40% cloreto de sódio, 7,50% sulfato de magnésio. ⁸VETEC Química Fina Ltda (Rio de Janeiro, RJ).

2.2. Ensaio de desempenho

Juvenis de tilápia-do-Nilo, linhagem GIFT, pesando em média 10,00 ± 0,18g - adquiridos da mesma fazenda comercial descrita anteriormente - foram mantidos em sistema fechado de recirculação de água, dotado de filtragem mecânica e biológica, com aeração e fluxo de

água constantes, além de controle de temperatura. As variáveis indicadoras da qualidade de água seguiram os padrões aceitáveis para a espécie (POPMA & LOVSHIN, 1994) .

Antes do início do ensaio, grupos de 25 peixes foram aclimatados às condições experimentais durante uma semana, em tanques de 120-L, sendo alimentados com ração comercial contendo 35% de proteína bruta. Posteriormente, as dietas com níveis crescentes de CPS em substituição à proteína de origem animal (0%, 33%, 67%, 100% e 100% CPS+suplementação de aminoácidos) foram alocados aleatoriamente, em triplicata, para os grupos de juvenis de tilápia.

As dietas experimentais (Tabela 4) foram formuladas com base nas exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo (NRC, 2011). O tratamento 100% CPS+suplementação de aminoácidos foi suplementado com metionina e treonina, pois à medida que se aumentava a inclusão de CPS na dieta, os níveis destes aminoácidos diminuam, ficando abaixo da exigência da tilápia (Tabela 5). As dietas experimentais foram ofertadas a 3% do peso vivo, duas vezes ao dia (9:00 e 16:00 h) por 60 dias.

As dietas foram fabricadas como detalhado no ensaio de digestibilidade do ingrediente, exceto para o tamanho do pélete, onde foi utilizada matriz de 2 mm.

As variáveis do ensaio dose-resposta foram avaliadas utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{Ganho em peso: } GP \text{ (g)} = (Pf - Pi)$$

$$\text{Conversão alimentar: } CA = I/GPD$$

$$\text{Taxa de crescimento específico: } TCE \text{ (\%)} = [(lnPf - lnPi)/t] \times 100$$

$$\text{Retenção proteica: } RP \text{ (\%)} = [Pf \times PCf] - [Pi \times PCi] / Ip \times 100$$

Onde:

GP: ganho em peso

P: peso médio final ou inicial/peixe, g

ln= logaritmo neperiano

t: período de alimentação, dias

I: ingestão total de alimento, g

Ip: ingestão total de proteína, g/kg (peso seco)

PC: proteína corporal final ou inicial, g/kg (peso úmido)

O ganho em peso dos peixes de cada unidade experimental foi monitorado por meio de pesagens individuais a cada quinze dias. Antes das pesagens, os peixes permaneciam em jejum por 24 h. Durante as pesagens, os peixes eram anestesiados com Eugenol[®].

Tabela 4. Formulação e composição proximal das dietas experimentais do ensaio de desempenho (base seca).

Ingredientes, %	Substituição proteica, %				
	0	33	67	100	100+aa ¹
Farinha de vísceras de aves ²	42,60	29,36	14,55	0,00	0,00
Farinha de resíduo de salmão ³	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00
Concentrado proteico de soja ⁴	0,00	4,00	9,82	49,30	49,10
Metionina ⁵	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Treonina ⁵	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Milho ⁶	42,58	39,82	36,80	36,00	36,00
Celulose ⁷	6,50	7,00	7,20	4,99	4,89
Óleo de soja ⁸	0,00	1,50	3,31	5,39	5,39
Premix macromineral ⁹	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato bicálcico ¹⁰	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Premix vitamínico e micromineral ⁹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hidroxi-tolueno butilado ¹¹	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Composição proximal (% base seca)					
Proteína bruta	33,02	32,72	32,20	33,72	33,30
Extrato etéreo	9,90	9,38	8,42	8,83	8,38
Cinzas	10,18	9,50	8,47	7,73	7,33
Fibra em detergente ácido	10,92	6,76	9,02	9,79	10,40
Energia bruta, kcal/kg ¹²	3009	3137	3300	3556	3569

¹100% concentrado proteico de soja + suplementação de metionina e treonina.

²Kabsa S.A. (Porto Alegre, RS). ³TECTRON Nutrição Animal (Toledo, PR).

⁴IMCOPA - Importação, Exportação e Indústria de Óleos S.A. (Araucária, PR, Brasil).

⁵MetAMINO®: DL-Methionine feed grade 99%. ⁵ThreAMINO®: L-Threonine feed grade 98.5%, Evonik Industries (Cascavel, PR).

⁶Nicoluzzi Rações Ltda (Penha, SC). ⁷RHOSTER - Industry and commerce Ltda. (Araçoiaba da Serra, SP).

⁸BUNGE (Gaspar, SC). ⁹VACCINAR (Pinhais, PR). Composição do produto kg⁻¹:

¹: ácido fólico 1,200 mg, ácido pantotênico 10 000 mg, biotina 200 mg, colina

100,000 mg, niacina 20.000 mg, vitamina (vit.) A 2,400,000 UI, vit. B1 4,000 mg,

vit. B12 8,000 mg, vit.B2 4,000 mg, vit.B6 3,500 mg, vit. C 60,000 mg, vit.D3

600,000 UI, vit.E 30,000 UI, vit. K 3,000 mg, cobalto 80 mg, cobre 3,500 mg, ferro

20,000 mg, iodo 160 mg, manganês 10.000 mg, selênio 100 mg, zinco 24.000 mg,

inositol 25.000 mg. ⁹VACCINAR (Pinhais, PR) Composição do produto kg⁻¹:

fosfato bicálcico 45.40%, cloreto de potássio 29.70%, cloreto de sódio 17.40%,

sulfato de magnésio 7.50%. ¹⁰TORTUGA(São Paulo, SP). ¹¹Labsynth® (Diadema,

SP). ¹²Calculada de acordo com NRC, 2011.

Tabela 5. Comparação das exigências em aminoácidos essenciais da tilápia (*Oreochromis* sp.) com os valores estimados de aminoácidos nas dietas com substituição proteica.

Aminoácidos, %	Exigência da tilápia <i>Oreochromis</i> sp. ¹	Substituição proteica, %			
		0	33	67	100
Arginina	1,2	2,21	2,12	2,03	1,95
Histidina	1,0	1,01	1,07	1,04	1,01
Isoleucina	1,0	1,27	1,32	1,38	1,44
Leucina	1,0	2,36	2,46	2,59	2,73
Metionina+Cistina	0,7	1,35	1,17	0,98	0,59
Treonina	1,1	1,19	1,12	1,05	0,97
Valina	1,5	1,42	1,42	1,43	1,44
Triptofano	0,3	0,33	0,35	0,36	0,43
Fenilalanina+Tirosina	1,6	2,07	2,08	2,09	2,12
Lisina	1,6	2,48	2,35	2,21	2,07

¹NRC, 2011

Amostras de 30 peixes do estoque inicial e de três peixes por tanque (nove peixes/tratamento) no final do experimento foram coletadas para determinação da composição corporal do peixe inteiro para o cálculo da retenção proteica. Os peixes foram sacrificados por overdose (1 ml L⁻¹) do anestésico Eugenol[®] (Biodinâmica Ltda., Ibiporã, PR) e armazenados (-20°C) para posteriores análises.

No final do ensaio de crescimento, os peixes foram mantidos por 60 dias nas mesmas condições experimentais para coleta de fezes a fim de determinar a digestibilidade das dietas experimentais. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (10:00 e 16:00 h) com as mesmas dietas do ensaio de crescimento, mas agora com a inclusão de 0,5% de óxido de cromo como marcador inerte. Para evitar a contaminação das fezes, aproximadamente uma hora antes da alimentação, os tanques foram sifonados para remoção das fezes existentes e cerca de 70% da água foi renovada. Os peixes foram cuidadosamente alimentados até a saciedade aparente, para evitar qualquer resíduo nos tanques. Uma hora após a alimentação, as fezes foram coletadas por sifonamento, centrifugadas, secas a 60°C, trituradas e armazenadas (-20 ° C) para posterior análise.

2.3. Histologia

No final do período experimental, três animais de cada tanque foram sacrificados com Eugenol[®] (1 mL⁻¹) e dissecados para retirada dos fígados. As amostras foram fixadas em solução de Bouin por 24h, seguidas por uma lavagem em álcool 70% durante 1h. Para a inclusão do tecido em parafina, utilizou-se metodologia de rotina, a 58°C, utilizando o xilol como líquido intermediário (CARGNIN-FERREIRA E SARASQUETE, 2008). Os blocos resultantes foram cortados em micrótomo (Leica RM 2025) com espessura de 5µm. Estes cortes foram estendidos e recolhidos em banho termostático a 52°C e dispostos sobre lâminas. Os cortes foram desparafinizados e hidratados segundo metodologia de rotina e corados com Giemsa diluído em água destilada. As lâminas foram analisadas e fotografadas em fotomicroscópio (Leica ICC50 HD, São Paulo, SP, Brasil), utilizando-se o software LAS EZ, com aumento de 100 vezes.

2.4. Análises das dietas, fezes e composição corporal

As análises das dietas, fezes e composição corporal de todos os ensaios foram realizadas de acordo com metodologia padrão (AOAC, 1999). As concentrações de óxido de cromo das dietas e das fezes foram determinadas pelo método espectrofotométrico, com difenilcarbazida, de acordo com a metodologia proposta por Bremer et al. (2005).

2.5. Análise estatística

Para determinar a melhor concentração de CPS para o crescimento, taxa de retenção proteica, conversão alimentar e digestibilidade aparente de todos os tratamentos (exceto 100% CPS +aa), os dados foram submetidos à análise de regressão. Os dados de digestibilidade aparente das dietas e crescimento dos tratamentos 0, 100% e 100% CPS+aa foram analisados por análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas com o programa Statística 7.0 (StatSoft, Inc., 2004), adotando um nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS

Os coeficientes de digestibilidade aparente do CPS para tilápia-do-Nilo, foram de $96,57 \pm 0,18$ % para proteína bruta e de $76,84 \pm 2,47$ % para matéria seca.

No ensaio de desempenho, o ganho em peso, a conversão alimentar, a taxa de crescimento específico, o ganho em peso diário e a retenção proteica não foram afetados ($p > 0,05$) pelos níveis crescentes de substituição da proteína animal pelo CPS na dieta (Tabela 5).

Da mesma forma, não houve diferença na taxa de crescimento específico, conversão alimentar e taxa de retenção proteica quando juvenis de tilápia foram alimentados com a dieta contendo apenas fontes de proteína animal (farinha de vísceras de aves e farinha de peixe), CPS ou CPS suplementado com aminoácidos. (Figura 3).

A composição corporal dos peixes não foi afetada pelo aumento dos níveis de substituição proteica com CPS ou pela suplementação com aminoácidos ($p > 0,05$) (Tabela 8 e 9).

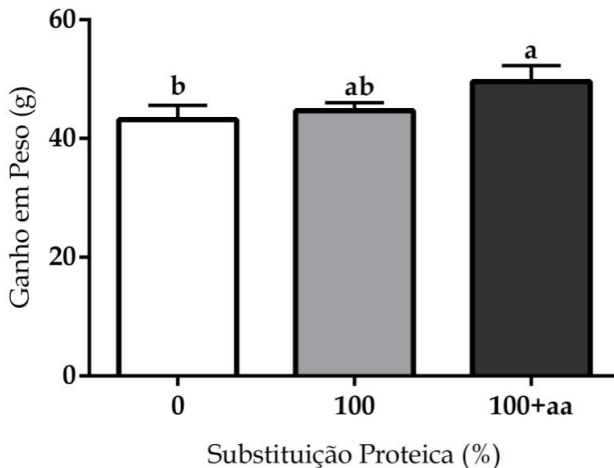


Figura 2. Ganho em peso diário de juvenis de tilápias alimentados com dietas contendo 0% CPS, 100% CPS e 100% CPS+aa. ^{a,b}Barras com a mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 6. Crescimento e eficiência alimentar de juvenis de tilápia-do-Nilo, alimentados com níveis crescentes de CPS em substituição da proteína animal (farinha de vísceras de aves e farinha de peixe) por 60 dias. Os valores representam médias e respectivos erros padrões das médias (SEM)^{1,2}.

Variáveis	Substituição proteica, %				Valor de p
	0	33	67	100	
Peso final, g	53,28±1,55	57,02±0,72	57,96±0,66	54,61±0,81	0,0142
Ganho em peso diário	0,72±0,027	0,78±0,01	1,06±0,01	0,74±0,01	0,4860
Retenção proteica	27,23±11,32	35,61±9,37	20,82±10,68	25,59±17,70	0,5052
Taxa de crescimento específico, %	2,76±0,08	2,91±0,03	2,90±0,08	2,84±0,07	0,7568
Conversão alimentar	1,28±0,04	1,19±0,04	1,47±0,027	1,30±0,05	0,4611
Eficiência alimentar	3,42±0,40	3,42±0,16	2,89±0,03	3,30±0,11	0,1790
Alimento consumido, g. peixe ⁻¹	50,87±3,80	55,15±3,35	66,02±0,31	54,17±1,03	0,0030

¹Peso inicial= 10 ± 0,18 g. ²As variáveis encontradas para peixes alimentados com 100% CPS + aa não foram incluídas na análise de regressão. Seus valores são: peso final: 59,78 ± 2,91, ganho em peso diário: 0,82 ± 0,04, retenção proteica: 37,86 ± 4,41, taxa de crescimento específico, %: 2,94 ± 0,047, conversão alimentar: 1,59 ± 0,066, eficiência alimentar: 3,31 ± 0,087, alimento consumido, g / peixe: 59,92 ± 4,15.

Tabela 7. Composição corporal de juvenis de tilápia-do-Nilo (base úmida), alimentados com dietas contendo níveis crescentes de CPS em substituição à proteína animal. Os valores são médias e erros padrões das respectivas médias (SEM).

Composição corporal, %	Substituição proteica, %				Valor de p
	0	33	67	100	
Proteína bruta	11,26±3,56	13,73±2,72	10,51±3,73	11,30±6,13	0,6916
Lipídios	8,06±0,16	8,39±0,49	6,32±1,38	8,46±0,81	0,5529
Cinzas	3,66±0,07	4,29±0,59	3,46±0,58	2,59±0,39	0,1901
Matéria seca	26,36±0,51	27,50±1,40	24,63±1,42	25,77±0,71	0,4891

Tabela 8. Composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo (base úmida), quando alimentados com dietas contendo 0% CPS, 100% CPS e 100% CPS+aa. Os valores são médias e erros padrões das respectivas médias (SEM) .

Composição corporal, %	Substituição proteica, %			Valor de p
	0	100	100+aa ¹	
Proteína bruta	11,26±3,56	11,30±6,13	15,11±1,70	0,48162
Lipídios	8,06±0,16	8,46±0,81	7,01±0,83	0,08790
Cinzas	3,66±0,07	2,59±0,39	2,78±0,34	0,42633
Matéria seca	26,36±0,51	25,77±0,71	25,53±0,50	0,38613

¹aa = suplementação com metionina e treonina.

No ensaio de digestibilidade, a proteína e a matéria seca não foram afetadas ($p > 0,05$), pelo aumento dos níveis de substituição de proteína animal pelo CPS na dieta (Tabela 10). O CDA da proteína foi alto para todas as dietas, enquanto a digestibilidade da matéria seca apresentou valores mais baixos (Tabela 10). As dietas contendo 100% CPS e 100%CPS+aa promoveram maior digestibilidade da proteína do que as dietas sem CPS ($p < 0,05$), mas nenhuma diferença foi registrada entre eles ($p > 0,05$) (Tabela 11). O CDA da matéria seca foi significativamente maior ($p < 0,05$) nos peixes alimentados com a dieta sem CPS, quando comparado àquele obtido nos peixes alimentados com a dieta contendo 100% CPS. Já o CDA da matéria seca para os peixes alimentados com 100% CPS + aa apresentaram valores intermediários ($p > 0,05$) (Tabela 11).

Tabela 9. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e matéria seca de dietas contendo níveis crescentes de CPS em substituição à proteína animal. Os valores são médias e erros padrão das respectivas médias (SEM).

Variáveis	Substituição proteica, %				Valor de p
	0	33	67	100	
Proteína	86,30±1,13	86,79±1,69	91,56±0,21	89,47±2,28	0,2447
Matéria seca	70,20±1,31	66,56±3,70	70,99±1,01	64,16±2,09	0,4452

Tabela 10. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e matéria seca de dietas contendo 0% CPS, 100% CPS, e 100% CPS+aa. Os valores são médias e erros padrões das respectivas médias (SEM).

Variáveis	Substituição proteica, %		
	0	100	100+aa
Proteína	86,30±1,13 ^b	89,47±2,28 ^a	92,38±0,58 ^a
Matéria seca	70,20±1,31 ^a	64,16±2,09 ^b	67,93±0,84 ^{ab}

^{a, b} Médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p > 0,05$),

A histologia hepática mostrou estruturas normais, independentemente do nível de substituição de proteína ou suplementação de aminoácidos (Figura 4).

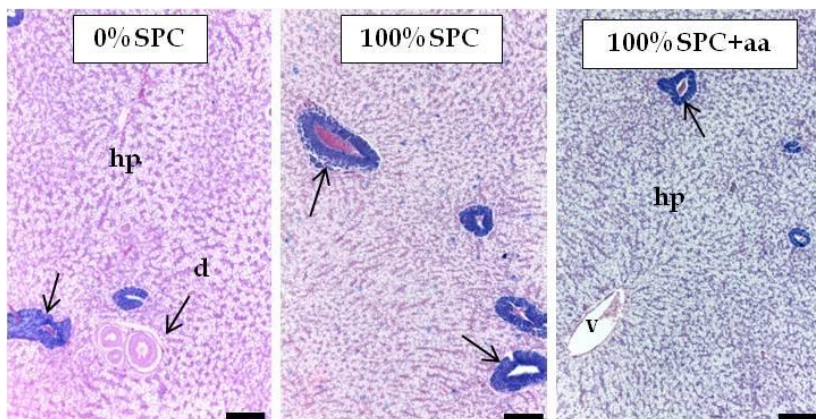


Figura 3. Os cortes histológicos mostram a arquitetura normal do fígado nos níveis extremos de substituição de proteína animal na dieta com concentrado proteico de soja. Nota-se disposição típica das placas de hepatócitos, com sinusóides normais, veias centrais (v) e ductos (d). Tecido pancreático difuso (seta) aparece disperso no parênquima hepático (hp). Barra: 200 μ m; coloração: Giemsa.

4. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostram que o CPS é uma boa fonte de proteína para juvenis de tilápia-do-Nilo, uma vez que o crescimento e a taxa de retenção proteica não foram afetados significativamente quando este ingrediente substituiu completamente fontes de proteína de origem animal (farinha de vísceras de aves e farinha de peixe).

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína do CPS para a tilápia-do-Nilo foi alto e semelhante ao relatado para tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*), que foi 98,2% (DONG et al., 2010). O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca foi menor, mas ainda maior do que aquele relatado para tilápia híbrida (67,5%) no mesmo estudo.

A suplementação de metionina e treonina na dieta 100% CPS+aa promoveu um aumento de 11% no ganho de peso da tilápia-do-Nilo e mostrou efeito significativo sobre o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína. Portanto, apesar do CPS ser uma boa fonte alternativa para a substituição de proteína animal, a suplementação com os aminoácidos limitantes é importante. Segundo ESPE et. al, (2008), a metionina é geralmente o primeiro aminoácido limitante em dietas para peixes que contenham níveis elevados de subprodutos de soja.

Em estudo similar, a utilização do CPS com a suplementação de metionina também promoveu ganho em peso significativamente maior para tilápia-do-Nilo (2,0 g), em comparação com 100% CPS sem suplementação de aminoácidos (ZHAO et al., 2010). Naquele estudo, houve apenas a suplementação de metionina, enquanto que, em nosso estudo, houve a suplementação de metionina e treonina para atingir as exigências da tilápia-do-Nilo. Entretanto, a digestibilidade da proteína aumentou significativamente para a tilápia-do-Nilo quando a POA foi substituída pelo CPS, com ou sem suplementação.

A suplementação de aminoácidos em dietas com subprodutos de soja apresenta resultados conflitantes. VIOLA e ARIELI (1983) e EL-SAYED (1999) relataram que a suplementação de aminoácidos em dietas contendo farelo de soja não melhorou o desempenho de tilápias, enquanto SHIAU et al, (1989) relataram que a suplementação de metionina melhorou significativamente o crescimento da tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*).

A tilápia-do-Nilo é um onívoro típico, com intestino longo e adaptações fisiológicas para tolerar maior inclusão de fontes vegetais na dieta (RODRIGUES et. al., 2012; GOMINHO-ROSA et. al., 2014). O concentrado proteico de soja tem maior teor de proteínas e menor de carboidratos que o farelo de soja comum, mas ainda mostrou valores de CDA adequados para a tilápia-do-Nilo. No entanto, apesar de sua onivoria, houve diminuição na digestibilidade da matéria seca, quando as fontes de proteína de origem animal foram substituídas pelo CPS. Espécies carnívoras, que necessitam de conteúdos proteicos mais altos na dieta, como a truta arco-íris (MAMBRINI et al., 1999) e salmão do Atlântico (STOREBAKKEN et al., 1998), também mostraram adequada

digestibilidade da proteína, indicando o bom potencial de CPS como substituto para fontes de proteína de origem animal.

A composição de fontes de proteínas animais pode ser altamente variável (ASKNES e MUNDHEIN, 1997) e, geralmente, seus teores de cinzas e fósforo são elevados, o que pode dificultar a formulação de dietas e deteriorar a qualidade da água. Por outro lado, o processo de fabricação do CPS remove seletivamente os carboidratos solúveis, alguns fatores antinutricionais e oligossacarídeos (PEISKER, 2001). Portanto, a inclusão de CPS em dietas para peixes apresenta outros benefícios, além de servir como fonte de aminoácidos.

Além disso, a composição corporal e histologia hepática não mostraram efeitos deletérios da substituição de proteína animal por CPS. O fígado é considerado um dos órgãos mais importantes para o metabolismo da proteína (COWEY, 1994). A glicose pode ser derivada de ácidos graxos e aminoácidos no metabolismo do peixe, especialmente quando existe uma limitada disponibilidade de carboidratos na dieta. O excesso de glicose pode se transformar em gordura e se acumular no fígado (SANTOS, 2014). Este estudo demonstrou que a substituição completa de proteína animal pela proteína do CPS não causou efeitos deletérios no fígado, tais como a acumulação de lipídios, confirmando o potencial deste ingrediente para a tilápia-do-Nilo.

5. CONCLUSÃO

O concentrado proteico de soja pode substituir a combinação farinha de vísceras de aves + farinha de peixe em dietas para a tilápia-do-Nilo, sem comprometer o crescimento, retenção proteica, composição corporal, digestibilidade proteica e integridade hepática. No entanto, a suplementação de CPS com aminoácidos limitantes, tais como a metionina e a treonina, é aconselhável, uma vez que aumenta ainda mais o ganho de peso e a digestibilidade proteica.

6. AGRADECIMENTOS

À IMCOPA – Importação, Exportação e Indústria de Óleos Ltda. pelo financiamento deste estudo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida ao último autor. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida à primeira autora. Agradecimentos também são devidos ao Dr. Eduardo Cargin-

Ferreira (Laboratório de Marcadores Histológicos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Garopaba, SC) pela colaboração nas análises histológicas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1999 Official methods of analysis. 16th ed. 5th Revision. 1141 p.

ASKNES, A. and MUNDHEIM, H., 1997 The impact of raw material freshness and processing temperature for fishmeal on growth, feed efficiency and chemical composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 149:87-106

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. PADOVANI, C.R. 2005 Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Ciência Rural*, 25: 691-697.

CARGNIN-FERREIRA, E. and SARASQUETE REIRIZ, M. del C. 2008 *Histofisiología de moluscos bivalvos marinos*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 94p.

CARVALHO, R.A.P.L.F. 2011 *Avaliação da composição de ingredientes selecionados para a substituição da farinha de peixe em dietas para juvenis de Litopenaeus vannamei*. São Paulo. 258f. (Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo). Disponível em: www.teses.usp.br/teses/.../RODRIGO_CARVALHO_TESE_FINAL.pdf. Acesso em: 10 nov.2014.

CHO C.Y.; SLINGER, S.J. 1979 Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Halver, J.E.; Tiews, K., *Proceedings of the World Symposium of Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*. Berlin, Germany, 1979.239-247.

COWEY, C.B. 1994 Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture*, 124: 1–11.

DONG, X. H.; GUO, Y. X.; YE, J. D.; SONG, W. D.; HUANG, X. H.; WANG, H. 2010 Apparent digestibility of selected feed ingredients in

diets for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 41: 1356-1364.

EL-SAYED, A.F.M. 1999 Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, 179: 149-168.

ESPE, M., HEVRØY, E.M., LIASET, B., LEMME, A. & EL-MOWAFI, A, 2008 Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 274: 132–141.

FERNANDES, V.A.G., 2011 *Perfil nutricional e qualitativo da farinha de vísceras de aves com foco em sua utilização como ingrediente proteico em rações para organismos aquáticos*. Florianópolis. 71f. (Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Pesqueiros, UFSC).

GOMINHO-ROSA, M.C.; RODRIGUES, A.P.O.; MATTIONI, B.; DE FRANCISCO, A.; MORAES, G.; FRACALLOSSI, D.M. 2014 Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture*, 435: 92-99

KAUSHIK, S.J., J.P. CRAVÈDI, J.P. LALLÈS, J. SUMPTER, B. FAUCONNEAU, AND M. LAROCHE.1995 Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* ,133: 257-274.

KITAGIMA, R. E.; FRACALLOSSI, D. M. 2009 *Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos pelo catfish americano *Ictalurus punctatus**. Florianópolis. 53f. (Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Pesqueiros, UFSC).

MAMBRINI, M., A.J. ROEM, J.P. CRAVÈDI, J.P. LALLÈS, AND S.J. KAUSHIK. 1999 Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Animal Science*, 77: 2990-2999.

NRC (National Research Council), Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. 2011 *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*, Washington: National Academic Press, 376p.

PARIPATANANONT, T.; BOONYARATPALIN, M.; PENGSENG P.; CHOTIPUNTU, P. 2001 Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research*, 32: 369–374

PEISKER, M. 2001 Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 54: 103-107.

POPMA, T.J.; LOVSHIN, L.L. 1994. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Auburn: Auburn University, Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, 40p.

RIBEIRO, M.J.P. 2012 *Concentrado proteico de soja em rações para tilápia-do-Nilo*. São Paulo. 57f. (Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca, Agência paulista de tecnologia dos agronegócios. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/DissertaManoelJoaquimPerezRibeiro2012.pdf>> Acesso em: 04 fev. 2014.

RODRIGUES, A.P.O., GOMINHO-ROSA, M.D.C., CARGNIN-FERREIRA, E., DE FRANCISCO, A., FRACALOSI, D.M., 2012. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 18:65-72.

SÁ, M. V. C.; SABRY-NETO, H.; NUNES, A. J. P. 2013 Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for te white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 19: 199-210

SANTOS, F.W.B. 2014 Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, [online] Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24_2.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2013

SHIAU, S.-Y.; C. C. KWOK; J. Y. HUANG; C. M. CHEN; AND S. L. LEE. 1989 Replacement of fishmeal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) fingerling diets at a suboptimal protein level. *Journal of the World Aquaculture Society* 20: 230–235.

STATSOFT, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com

STOREBAKKEN, T.; K.D. SHEARER; A.J. ROEM. 1998 Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase- treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmosalar*. *Aquaculture* 161: 365-379

VIOLA S. and ARIELI Y. 1983 Nutrition studies with tilapia *Sarotherodon*.: 1. Replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive tilapia culture. *Bamidgeh*, 35: 9–17.

ZHAO, H.; JIANG, R.; XUE, M.; XIE, S.; WU. X.; GUO, L. 2010 Fish meal can be completely replaced by soy protein concentrate by increasing feeding frequency in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* GIFT strain) less than 2 g. *Aquaculture Nutrition*, 16, 648–653.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

ALLAN, G.L.; ROWLAND, S.J. Performance and sensory evaluation of silver perch (*Bidyanus bidyanus* Mitchell) fed soybean or meat meal based diets in earthen ponds. **Aquaculture Research**, Danvers, v. 36, p. 1322-1332. 2005

BOONYOUNG S., HAGA, Y., SATO, S. Preliminary study on effects of methionine hydroxyl analog and taurine supplementation in a soy protein concentrate-based diet on the biological performance and amino acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture research**, p. 1-9. 2012

BUTOLO, J.E. **Qualidade de Ingredientes na alimentação animal**. 2.ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. 430p. 2010.

CARVALHO, R.A. **Avaliação da composição de ingredientes selecionados para a substituição da farinha de peixe em dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei***. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

DERSJANT-LI, Y. **The use of soy protein in aquafeeds**. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances em Nutrición Acuícola VI. Memorias Del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 a 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México, 2002.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

FAO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO). **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>>. Acessado em: 02 de mai. 2015.

FERNANDES, V.A.G., **Perfil nutricional e qualitativo da farinha de vísceras de aves com foco em sua utilização como ingrediente proteico em rações para organismos aquáticos**. (Dissertação de

Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Pesqueiros, UFSC). Florianópolis, 2011.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; CYRINO, J.E.P. 2012 Exigências nutricionais e alimentação em tilápia. In: FRACALOSSO, D.M. e CYRINO, J.E.P. **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. NUTRIAQUA**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia aquática.p. 255-268. 2013.

GOMINHO-ROSA, M.C.; RODRIGUES, A.P.O.; MATTIONI, B.; DE FRANCISCO, A.; MORAES, G.; FRACALOSSO, D.M. Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. **Aquaculture**, v. 435: p. 92-99. 2014

HERTRAMPF, J.W. and F. PIEDAD-PASCUAL. **Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds**. Kluwer Academic Publishes, Dordrecht, The Netherlands, 2000.

HILDSORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas, uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, p. 73-87. 1995.

KAUSHIK, S.J. et. al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesteromia and flesh quality in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. **Aquaculture**. v. 133. p. 257-274. Amsterdam, 1995.

IBGE, Estatística da produção agrícola, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301comentarios.pdf>; Acessado em: 25.04.2015.

IBGE, 2013. Produção da Pecuária Municipal – 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf>. Acessado em: 04.03.2015.

JOHNSTON, J.; C. N. COON. A comparison of six protein quality assays using commercially available protein meals. **Poultry Science** v.58, p. 919–927. 1979

MAMBRINI, M., A.J. ROEM, J.P. CRAVÈDI, J.P. LALLÈS, AND S.J. KAUSHIK. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Animal Science**, v. 77. p.2990-2999. 1999

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade Aparente de Alguns Alimentos Protéicos pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Toledo, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. **Estatística da pesca e aquicultura: Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2010. 2012.** Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20C3%ADstico%20MPA%2010.pdf>. Acessado em: 02 fev 2015.

NEW, M. B. e WIJKSTROM, U. N. Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap. **FAO Fisheries Circular**. v.975): FAO, Rome Italy, 2002.

NRC (National Research Council), Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Washington: National Academic Press, p. 376, 2011.

PARIPATANANONT, T.; BOONYARATPALIN, M.; PENGSENG P.; CHOTIPUNTU, P. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture Research**, v. 32, p369–374. 2001.

PARSONS, C.M; CASTANANON, F.; HAN, Y. Protein and Amino Acid Quality of Meat and Bone Meal. **Poultry Science** v. 76, p. 361–368. 1997.

PASTORE, C. G. S.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, J. P. FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J.E.P. (Org.). Formulação de rações e boas práticas de fabricação. **In: Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira**. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 295-345, 2013.

PEZZATO, L.E.et.al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 31. p. 1595-1604, 2002.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M.. (Org.).Energia, Proteína e Aminoácidos. In:FRACALOSSI, D.M. e CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para Aquicultura Brasileira**. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 65, 2013.

RIBEIRO, M.J.P. **Concentrado proteico de soja em rações para tilápia-do-Nilo**.Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Pesca), Instituto de Pesca, Agência paulista de tecnologia dos agronegócios.São Paulo, 2012.

SÁ, M. V. C.; SABRY-NETO, H.; NUNES, A. J. P.Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, 19: 199-210. 2013.

SAKOMURA, N.K; SILVA, R.; LAURENTZ, A.C et al. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.584-594, 1998.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; BITTENCOURT,F.; FEIDEN, A.; REIDEL, A. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. **Ciência Rural**, v. 38, n.8, p.2339-2344, 2008.

SINDIRAÇÕES (São Paulo - SP - Brasil). **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São José do Rio Preto: Gráfica São José, 2009.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O. Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência Agropecuária**, Lavras. v.27, n.6, p.1380-1387, 2003.

SOUZA, S.R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E.M. et al. Diferentes fontes protéicas de origem vegetal para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v.26, n.1, p.21-28, 2004.

STOREBAKKEN, T.; K.D. SHEARER; A.J. ROEM. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase- treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture** v.161, p. 365-379.1998

TACON, A.G.J. & METIAN M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146–158, 2008.

TAKAGI, S.; SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H. AND UKAWA, M. Effect of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream (*Pagrus major*). **Fisheries science**. v. 67. p.1088-1096. 2001.

TSUKAMOTO, R.Y.; TAKAHASHI, N.S. Falta de Proteína para Ração: Estrangulamento da Aquicultura no Brasil? **Revista Panorama da Aquicultura**. Edição 14 de novembro, 1992.

USSEC (U.S. Soybean Expert Council). Soy protein concentrate aquaculture feeds. **Technical bulletin**. USSEC, St. Louis, Missouri, USA. 2008

VAN DER PLOEG, M., BOYD, C.E. Geosmin Production by cyanobacteria (blue Green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **J.World Aquacult.Soc.**, v.22, p. 207-216. 1991.

ZHAO, H. et al. Fish meal can be completely replaced by soy protein concentrate by increasing feeding frequency in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* GIFT strain) less than 2 g. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 648-653, 2010.