

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

THIBÉRIO CARVALHO DA SILVA

Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do
Nilo: Digestibilidade e desempenho zootécnico

Toledo
2014

THIBÉRIO CARVALHO DA SILVA

**Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do
Nilo: Digestibilidade e desempenho zootécnico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo

2014

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

S586h 1 Silva, Thibério Carvalho da
Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do Nilo : digestibilidade e desempenho zootécnico / Thibério Carvalho da Silva. - Toledo, PR : [s. n.], 2014.
62 f. : il., tabs.

Orientador: Dr. Wilson Rogério Boscolo
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Tilápia (Peixe) – Alimentação e rações 2. Tilápia (Peixe) – Desempenho 3. Pescados 4. Hidrolisados de proteína 4. Alimentos alternativos 5. Nutrição animal I. Boscolo, Wilson Rogério, orient. II. T

CDD 20. ed. 639.3758

FOLHA DE APROVAÇÃO

THIBÉRIO CARVALHO DA SILVA

Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do Nilo: Digestibilidade e desempenho zootécnico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Fábio Bittencourt
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: _____

Local de defesa: _____

Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do Nilo: Digestibilidade e desempenho zootécnico

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da energia e nutrientes do hidrolisado proteico de resíduo de pescado (HPRP) e avaliar o desempenho zootécnico de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com HPRP durante a fase de reversão sexual. Para o experimento de digestibilidade foram utilizados 120 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio de 100g, distribuídos em seis tanques cônicos cilíndricos com capacidade de 90L, adequados para coleta de fezes, onde permaneceram por um período adaptativo de sete dias às dietas e condições experimentais. A determinação CDA e energia digestível aparente foram feitas por metodologia indireta, tendo sido utilizado 0,01% de óxido de crômio como marcador inerte incorporado à ração. Para o experimento de desempenho produtivo foram utilizadas 375 pós-larvas com três dias de idade (pós-eclosão), distribuídas em 25 aquários de 30L, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Foram elaboradas cinco rações a base de ingredientes vegetais, as quais foram incluídas 0, 2, 4, 6 e 8% de HPRP. As variáveis analisadas foram: peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, sobrevivência e uniformidade do lote. Os valores de digestibilidade encontrados foram: CDA da matéria seca, 98,29%; CDA da proteína bruta, 99,28%; CDA da energia bruta, 99,13%; e energia digestível aparente de 6425,79 kcal.kg⁻¹. Os tratamentos influenciaram ($p < 0,05$) positivamente o peso final e ganho em peso, sendo o melhor nível de inclusão de 4,75% e para a taxa de crescimento específico, o melhor nível indicado foi de 4,77%. Conclui-se que o HPRP pode ser eficientemente utilizado pela tilápia do Nilo. O desempenho zootécnico não foi prejudicado pelos níveis de inclusão do HPRP, indicando a inclusão de 4,75% em dietas para esta fase.

Palavras-Chaves: Aquicultura. Alimentos Alternativos. Nutrição.

Protein hydrolyzate from fish waste in feeding of Nile tilapia: digestibility and growth performance

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of energy and nutrients from protein hydrolysate of fish waste (HFW) and the growth performance of larvae of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed during HFW the sexual reversion. For the digestibility experiment, we used 120 juvenile Nile tilapia with an average weight of 100g, distributed in six tapered cylindrical tanks with a capacity of 90L, suitable for feces, where they remained for a period of seven days to adaptive diets and conditions experimental. The determination ADC and apparent digestible energy were made by indirect method, having been used 0.01% chromic oxide as an inert marker incorporated into the ration. For the performance experiment used 375 larvae were three days old (post-hatching), distributed in 25 aquariums 30L in completely randomized design with five treatments and five replications. Five diets were prepared based on vegetable ingredients, which were included 0, 2, 4, 6 and 8% HFW. The variables analyzed were: final weight, weight gain, specific growth rate, survival and flock uniformity. The digestibility values were: ADC of dry matter, 98.29%; ADC of crude protein, 99.28%; ADC gross energy, 99.13%, and apparent digestible energy of 6425.79 kcal.kg⁻¹. The treatment effect ($p < 0.05$) positively final weight and weight gain, with the best level of 4.75% and the specific growth rate, the best level recorded was 4.77%. We conclude that the HFW can be efficiently used for Nile tilapia. The growth performance was not affected by levels of inclusão HFW, however it is recommended to include 4.75% for this stage of the cultivation of tilapia.

Key Words: Aquaculture. Alternative food. Nutrition.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	8
2	Objetivos	10
2.1	Objetivo Geral.....	10
2.1.1	Objetivos específicos	10
3	CAPITULO 1: Referencial teórico	11
3.1	Situação da aquicultura no mundo.....	11
3.2	Situação da aquicultura no Brasil	12
3.3	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	13
3.4	Resíduo da industrialização de pescado.....	14
3.5	Hidrolisado proteico de peixe (HPP)	17
3.5.1	Aspectos gerais	17
3.5.2	Processo de hidrólise enzimática	18
3.5.3	Enzimas proteolíticas.....	19
3.5.4	Hidrolisados proteicos na alimentação animal	21
3.6	Digestibilidade	24
3.6.1	Métodos para determinação da digestibilidade	25
3.6.2	Métodos de coleta das fezes	26
3.6.3	Alimentos e estudos de digestibilidade	27
4	CAPITULO 2: Artigo a ser submetido à revista científica	31

2 Introdução

O rápido crescimento da atividade aquícola tem aumentado a demanda por ingredientes de qualidade na ração, principalmente a farinha e óleo de peixe. No entanto, a produção mundial de farinha de peixe na última década manteve-se entre 5,5 a 7,7 milhões de toneladas (FAO, 2009). Este produto é considerado essencial para o desenvolvimento de diversos organismos aquáticos devido ao alto valor biológico, além de atuar como palatabilizante nas rações (Furuya et al., 2001; Sales e Britz, 2003).

Com a estagnação ou redução desse insumo no mercado mundial, a produção de uma ração comercial de qualidade dependerá, em um futuro próximo, da elaboração de uma alternativa ou substituta adequada para a farinha de peixe, tanto no aspecto nutricional, quanto econômico (Cyrino et al., 2006; Pereira e Oliva-Teles, 2004).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de substituir total ou parcialmente a farinha de peixe na formulação de dietas para organismos aquáticos, mantendo os padrões nutricionais nos cultivos. Assim, ingredientes que confirmem à ração níveis nutricionais adequados são de extrema importância. Proteínas vegetais e subprodutos de origem animal são algumas das fontes alternativas à farinha de peixe investigadas (Naylor et al., 2009).

Uma alternativa com grande potencial é o aproveitamento dos resíduos do processamento de animais, na forma de hidrolisado proteico que apresenta alto teor de proteína, peptídeos, aminoácidos livres e flavorizantes, caracterizando-se como excelente fonte nutricional (Feltes et al., 2010).

A hidrólise é um processo relativamente simples, que consiste na quebra das proteínas em unidades peptídicas de vários tamanhos, cujo método é comumente catalisada sob ação enzimática, ácida ou alcalina (Kristinsson, 2006; Pasupuleti et al., 2010).

No setor de produção animal, a atividade que mais cresce e vem se destacando é a aquicultura. Neste cenário, a tilápia representa um dos peixes mais criados no Brasil, devido as suas ótimas qualidades para a produção piscícola, podendo ser destacadas: curto ciclo de produção, rápido crescimento, rusticidade, tolerância a sistemas de cultivo intensivo, consumo de alimento natural, consumo de rações balanceadas, ótima qualidade de carne, ausência de mioespinhas, facilidade de filetagem e industrialização da carcaça, boa aceitação do filé no mercado consumidor e resistência ao manejo e às doenças (Leonhardt, 1997).

Em virtude do sucesso desta espécie na piscicultura, alguns estudos na área de nutrição foram realizados com intuito de indicar um alimento alternativo que possa ser utilizado na formulação das rações, que venha a substituir total ou parcialmente ingredientes onerosos e com escassez no mercado.

Desta forma, o hidrolisado proteico de resíduo da industrialização de pescado, ao ser utilizado como ingredientes em rações para organismos aquáticos poderiam manter ou melhorar a qualidade nutricional e a atratividade das dietas para espécies cultivadas como a tilápia do Nilo.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso do hidrolisado proteico de resíduo da industrialização de pescado na alimentação da tilápia do Nilo.

3.1.1 Objetivos específicos

- Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia bruta do hidrolisado proteico de resíduo de pescado.
- Avaliar o desempenho zootécnico de larvas de tilápia do Nilo, alimentadas com níveis crescentes de hidrolisado proteico de resíduo de pescado.
- Definir o melhor nível de inclusão do hidrolisado proteico de resíduo de pescado para larvas de tilápia do Nilo na fase de reversão sexual.

4 CAPÍTULO 1: Referencial teórico

4.1 Situação da aquicultura no mundo

A aquicultura é uma prática quase tão antiga quanto à agricultura, sendo mencionada por antigas civilizações pelo mundo. Há registros históricos evidenciando a técnica em documentos e manuscritos chineses datados de séculos remotos e por hieróglifos egípcios, há cerca de 2 mil anos a.C. No entanto, esta atividade ganhou destaque e se intensificou somente no final do século XX, permitindo prever que mais da metade da produção de pescado no mundo será oriunda da atividade (Oliveira et al., 2007; Oliveira, 2009).

De acordo com a Lei Federal nº 11.959, de 29 de junho de 2009, a aquicultura é definida como o cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático, implicando a propriedade do estoque sob cultivo, equiparada à atividade agropecuária. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a aquicultura é caracterizada pelo manejo na produção cuja criação tem um proprietário, ou seja, não é um bem coletivo como os recursos pesqueiros que são passíveis de exploração (Rana, 1997).

A aquicultura e a pesca, nos últimos anos, obtiveram os maiores índices de produtividade, abastecendo o mercado mundial com cerca de 154 milhões de toneladas de peixes no ano de 2011, ou 18,4 kg/*per capita*/ano. Desse total, a aquicultura é responsável por aproximadamente 43%, enquanto que nos anos 80, correspondia a apenas 9% (FAO, 2012).

Esta atividade continua a crescer mais rapidamente que todos os outros setores de produção animal do mundo, atingindo incremento anual médio de 8,8%, superando as taxas de crescimento da bovinocultura, avicultura e suinocultura. Nos países em desenvolvimento, a aquicultura aumentou cerca de 10% e a apenas 3,9% nos países desenvolvidos (FAO, 2012).

A produção aquícola mundial alcançou o recorde histórico em 2011 de 63,6 milhões de toneladas, com valor total estimado de 119 bilhões dólares. O Continente Asiático vem

dominando este mercado, cuja participação corresponde a 89% da produção mundial. Em seguida, com bem menos representatividade, aparecem América (4,6%), Europa (4,5%), África (1,8%) e Oceania (0,3%). A China foi considerada a maior produtora aquícola mundial, com aproximadamente 37 milhões de toneladas produzidas em 2010, seguida pela Índia e Vietnã com cerca de 4,6 e 2,3 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2012).

4.2 Situação da aquicultura no Brasil

O Brasil possui um potencial promissor para desenvolvimento da atividade aquícola, principalmente por ser detentor de 8.400km de costa marítima e 5,5 milhões hectares em reservatórios de água doce. Além disso, o país comporta aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta, clima extremamente favorável para o crescimento de diversos organismos aquáticos, mão de obra abundante e crescente demanda por pescado no mercado interno e externo (SEAP, 2008; ANUALPEC, 2005).

As pesquisas na área de aquicultura no Brasil iniciaram-se por volta de 1930, sendo intensificadas a partir da década de 70. No entanto, a atividade aquícola comercial é muito recente, tendo o início expressivo a partir de 1990, com uma produção de 20.490 t neste ano (Borghetti et al., 2003; Hazin, 2006). Em 2011, este setor gerou 628.704,3 t representando um incremento de 31,1% em relação ao ano de 2010. (Boscardim, 2008; MPA, 2011).

A aquicultura continental é responsável pela maior parte do que se produz, a qual representa 86,6% da produção, enquanto que atividade de origem marinha é de 13,4%, em 2010 (MPA, 2013).

A região Sul do país continua sendo a maior produtora, onde se gera 153.674,5 t de pescado, respondendo por 28,2% da produção nacional. As Regiões Nordeste, Norte, Sudeste, Centro-Oeste vêm logo em seguida registrando 134,292 t, 94,578 t, 86,837 t e 75.104 t, respectivamente. Considerando as Unidades da Federação, o Estado do Paraná é o maior

produtor de pescado continental com 73.831,1 t, seguido pelos estados de Santa Catarina com 53.641,8 t e o Mato Grosso com 48.748,3 t (MPA, 2013).

Com relação às espécies cultivadas, a tilápia e o tambaqui destacam-se no cenário nacional, as quais somadas representaram 63,4% do cultivo nacional. Contudo, também merecem destaque a produção de tambacu, carpa e pacu, que juntas representaram 20,1% da produção (MPA, 2013).

Apesar do crescimento da atividade aquícola no país, ainda há necessidade de novas pesquisas na área de nutrição, espécies com potencial para cultivo, sistema de produção, entre outro, visando um maior desenvolvimento tecnológico para que se possam aproveitar, de forma sustentável, os recursos naturais que o país oferece.

4.3 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia do Nilo é nativa do continente africano, onde é encontrada na bacia do rio Nilo, no Leste da África e foi amplamente difundida nas regiões tropicais e subtropicais, como em Israel, Indonésia, Filipinas, Formosa USA, México, Panamá e toda a América do Sul (Carvalho, 2006). Esta espécie foi introduzida no Brasil em 1952, com o objetivo de conter a proliferação de algas e macrófitas aquáticas em represas (Ostrensky et al., 2008). No entanto, Castagnolli (1992), menciona que esta espécie foi introduzida em 1971, na cidade de Pentecostes (Ceará), através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

É uma espécie de águas quentes, cuja temperatura ideal para seu crescimento varia de 25° a 30°C, tendo seu crescimento afetado abaixo de 15°C. Sua exigência em oxigênio dissolvido é bastante baixa, vivendo em águas contendo até 1,2 mg/L. Além disso, as tilápia suportam faixas de pH entre 5 e 9 (Barbosa, 2007).

Existem no mundo aproximadamente 70 espécies distribuídas em quatro gêneros: *Oreochromis*, *Sarotherodon*, *Tilapia* e *Danakilia* (Proença e Bittencourt, 1994). No entanto,

somente quatro se destacam na produção mundial aquícola: a tilápia do Nilo (*O. niloticus*); a tilápia de Moçambique (*O. mossambicus*); a tilápia azul (*O. aureus*) e a tilápia de Zanzibar (*O. urolepis hornorum*) (Kubitza, 2000).

Atualmente, a tilápia do Nilo é a espécie mais utilizada em projetos de aquicultura no país. No ano de 2011 sua produção foi de 253 mil t, representando 47% da aquicultura nacional (MPA, 2013).

O bom desempenho do cultivo desta espécie se deve ao seu rápido crescimento, rusticidade ao manejo, carne de excelente qualidade e boa aceitação no mercado, resistência a doenças, suporta altas densidades de estocagem, baixos teores de oxigênio dissolvido, plasticidade quanto ao uso de proteínas respondendo com a mesma eficiência a ingestão de proteínas de origem vegetal e animal, dentre outras características (Moreira et al., 2007; Takishita et al., 2009).

4.4 Resíduo da industrialização de pescado

As indústrias de beneficiamento de pescado produzem grande quantidade de resíduos que possuem baixo aproveitamento em virtude principalmente da falta de conhecimento deste recurso como matéria-prima e fonte para outros produtos (Pessatti, 2001). Isto se torna um desafio para os empresários do setor e para a comunidade científica especializada em buscar estratégias para que esta atividade seja sustentável do ponto de vista ambiental e econômica (Bezerra et al., 2001).

Os resíduos do processamento de pescado como cabeça, vísceras, nadadeira, cauda, coluna vertebral, barbatana, escamas e restos de carne representam cerca de 2/3 do volume da matéria-prima da indústria, causando problemas ambientais ao serem descartados indevidamente (Boscolo e Feiden, 2007). No beneficiamento da tilápia, o percentual de resíduo gerado pode alcançar cerca 66,5% da matéria-prima (Boscolo et al., 2001). Na

industrialização da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), um dos principais recursos pesqueiros do Brasil (Brasil, 2010), a produção em média de resíduo gerado é de 35 a 47% nas linhas de eviscerados e de espalmados, respectivamente (Feltres et al., 2010).

Os resíduos das unidades beneficiadoras de pescado são comumente formados por uma enorme concentração de material rico em compostos orgânicos e inorgânicos, o que gera preocupação a respeito dos impactos ambientais decorrentes da disposição deste material diretamente no ambiente (Silva e Camargo, 2002; Seibel e Soares, 2003).

O lançamento desse material em corpos hídricos pode provocar a redução na concentração de oxigênio dissolvido, acarretando em morte de peixes e de outros animais aeróbios, a exalação de mau cheiro, e dificuldade no tratamento de água para o abastecimento público (Mattos, 2005).

A disposição indiscriminada deste resíduo no solo pode causar poluição do ar por exalar odores, fumaça, gases tóxicos ou material particulado; poluição das águas superficiais e subterrâneas pelo carreamento de resíduos pela ação das águas da chuva e poluição do solo e das águas subterrâneas pela infiltração de líquidos (Dias, 2006).

Em geral, durante o processamento de alimentos ocorre a geração da água residuária e de resíduos sólidos. As águas residuárias são o resultado da lavagem do produto, escaldamento, cozimento, resfriamento e lavagem de equipamentos e maquinários. Os resíduos sólidos são formados pelas sobras do processo, descartes e lixo oriundos de embalagens (Matos, 2004; Von Sperling, 1996; Arruda et al., 2007; Nunes, 2001).

As águas residuárias, assim como os resíduos sólidos, são consideradas como agentes poluidores por conter gordura, sólidos orgânicos e inorgânicos, além de substâncias químicas que são adicionadas durante as etapas do processamento (Matos, 2004). Por esta razão, toda a água gerada no processo deve ser conduzida para uma estação de tratamento de efluentes e recolhida em um tanque de retenção para a separação da fase sólida, a qual pode ser

aproveitada posteriormente, como exemplo, associada ao cultivo hidropônico (Cortez et al., 2009; Islam et al., 2004; Nunes, 2001).

Os resíduos de peixe podem apresentar elevado teor de proteínas, minerais e lipídios, no entanto este potencial de alto valor biológico ainda é pouco explorado para agregação de valor (Stevanato et al., 2007; Sucasas, 2011; Macedo-Viegas e Souza, 2004).

Do aproveitamento desta matéria-prima de baixo custo e boa qualidade nutricional pode-se obter subprodutos como a farinha de peixe, silagem, óleo, hidrolisado proteico e concentrado proteico (Pimenta et al., 2008; Abimorad et al., 2009; Ovissipour et al., 2012; Muzaifa et al., 2012; Rebouças et al., 2012), os quais podem ser utilizados como ingredientes alternativos na alimentação animal e humana, buscando dar subsídios para a produção de alimentos de baixo custo com elevada qualidade nutricional (Sucasas, 2011; Stevanato et al., 2007), além da possibilidade de atuar como fertilizantes agrícolas (Oetterer et al., 2001; Viegas e Souza, 2004).

A capacidade de utilização destes resíduos é infinita, indo desde a geração de novos produtos alimentícios, usos biotecnológicos até a geração de compostos funcionais como fibras, antioxidantes, pigmentos, dentre outros. Neste sentido, a indústria pesqueira possui um grande potencial a ser explorado no aproveitamento dos resíduos gerados durante o beneficiamento de pescados (Rebouças et al., 2012; Pessati, 2001).

O aproveitamento de resíduos da indústria de pescado é uma boa forma de garantir a sustentabilidade social, econômica e ambiental deste elo da cadeia produtiva, gerando emprego a partir de indústrias especializadas, agregando valor a uma fonte de matéria-prima de baixo custo e aproveitando de forma adequada dos resíduos que antes eram lançados diretamente no ambiente.

4.5 Hidrolisado proteico de peixe (HPP)

4.5.1 Aspectos gerais

Desenvolvido inicialmente no Canadá, na década de 40, utilizado para o crescimento microbiano, o hidrolisado proteico de peixe (HPP) é resultado da clivagem das proteínas em unidades peptídicas de vários tamanhos, cujo processo é comumente catalisado sob ação enzimática, ácida ou alcalina (Kristinsson, 2006; Pasupuleti et al., 2010).

A quebra das moléculas de proteína resulta em frações solúveis e insolúveis. A fração solúvel é rica em proteínas, peptídeos e aminoácidos livres e a fração insolúvel contém proteínas não hidrolisadas e outros materiais insolúveis (Martone et al., 2005).

O processo de hidrólise deve ser realizado em condições brandas e controladas para garantir a manutenção da qualidade nutricional dos hidrolisados, bem como um perfil peptídico definido e reprodutível (Adler-Nissen, 1986; Mahmoud et al., 1992). O processo enzimático é mais promissor quando se desejam produtos com alta funcionalidade e valor nutritivo (Furlan e Oetterer, 2002).

A modificação da estrutura da proteína é empregada com intuito de melhorar as propriedades funcionais devido a sua especificidade, maior digestibilidade e capacidade de obter uma variedade de grupos funcionais (Zavareza et al., 2009), possibilitando assim sua utilização tanto na dieta animal quanto humana (Furlan e Oetterer, 2002).

Estudos com inclusão entre 0 e 60% de hidrolisados proteicos de peixe em dietas para organismos aquáticos demonstraram que níveis de 19 e 24% de hidrolisado em substituição à farinha de peixe proporcionaram melhores resultados zootécnicos (Cahu et al., 1999; Hevroy et al., 2005). Segundo Tang et al. (2008), a inclusão do hidrolisado de peixe melhorou significativamente o crescimento e os parâmetros imunológicos de juvenis de corvina (*Pseudosciaena crocea*).

Desta forma, os hidrolisados proteicos de resíduos industriais, ao serem utilizados como ingredientes em rações para organismos aquáticos, poderiam reduzir custos de produção e ao mesmo tempo manteriam ou melhorariam a qualidade nutricional e a atratividade das dietas.

4.5.2 Processo de hidrólise enzimática

A hidrólise enzimática é um método baseado na adição de enzimas para quebra das proteínas, sendo um processo usado para modificar as propriedades químicas, funcionais e sensoriais da proteína sem prejudicar o seu valor nutricional (Pasupuleti et al., 2010). O processo enzimático ocorre sob condições brandas, sem obter produtos degradados, como observados nas hidrólises ácida e alcalina (Fonkwe e Singh, 1996; Holanda, 2004).

O processo de hidrólise enzimática apresenta várias vantagens em relação aos métodos ácidos e alcalinos, dentre os quais se destacam a melhoria das propriedades funcionais das proteínas como a solubilidade, o poder emulsificante e a textura, tendo grande aplicabilidade em vários produtos alimentícios (Duarte et al., 1998; Silvestre et al., 2002; Viana et al., 2005; Capobiango et al., 2006).

Uma desvantagem encontrada no processo de hidrólise enzimática é o desenvolvimento de sabor amargo no decorrer da catálise, o qual parece estar relacionado com a liberação de grupamentos hidrofóbicos que se encontram no interior das moléculas proteicas (Kristinsson, 2006). Esta característica representa um dos principais obstáculos na aplicação generalizada dos hidrolisados (Minagawa et al., 1989; Saha e Hayashi, 2001).

Contudo, pode-se limitar a exposição desses aminoácidos hidrofóbicos, através do controle do grau de hidrólise, pelo uso de enzimas específicas como exopeptídates, tratamento com carvão ativado e extração com solventes orgânicos (Raksakulthai e Haard, 2003; Synowiecki et al., 1996; Morais et al., 2005; Stroher et al., 2012).

A qualidade e as características finais dos hidrolisados enzimáticos dependem de vários fatores que devem ser controlados para se alcançar os resultados desejados, entre eles encontram-se a natureza e associação de enzimas, o pH, a temperatura, o tempo de hidrólise, o tipo e concentração de substrato, a relação enzima/substrato e inativação enzimática ao final do processo (Adler-Nissen, 1981; Chobert et al., 1988; Silvestre et al., 1994; Centenaro e Mellado, 2008).

Desta forma, fica evidente que o controle dos parâmetros hidrolíticos nas modificações enzimáticas das proteínas constitui uma etapa importante para se obter produtos com qualidade nutricional elevada, propriedades funcionais desejáveis e características organolépticas agradáveis ao mercado desejado.

4.5.3 Enzimas proteolíticas

A escolha de uma enzima é um fator importante para o processo da hidrólise, em virtude de sua especificidade nas ligações peptídicas, nas quais participam determinados aminoácidos que irão definir produtos de diferentes composições moleculares e propriedades funcionais (Kristisson, 2006). Desde modo, a seleção e concentração baseiam-se normalmente na combinação entre enzima, eficácia e custo, bem como sua especificidade para o substrato (Lahl e Braum, 1994; Kristinsson e Rasco, 2000).

De acordo com a reação catalítica, as enzimas classificam-se em exopeptidases e endopeptidases. As exopeptidases atuam próximos as extremidades C-terminal ou N-terminal da cadeia polipeptídica. Dentre aquelas que agem na extremidade N-terminal encontram-se: as amino-peptidases (liberam somente um resíduo de aminoácido); as di-peptidil-peptidase (liberam di-peptídeos) e tri-peptidil-peptidase (liberam tri-peptídeos). Com relação às que atuam na extremidade C-terminal, encontram-se as carboxi-peptidases (liberam um único

resíduo de aminoácido) e as peptidil-peptidases (liberam di-peptídeos) (Beyond e Bond, 2001).

As endopeptídates atuam preferencialmente nas regiões internas das cadeias polipeptídicas e são classificadas quanto ao mecanismo catalítico e especificidade em: serino endopeptídates (um centro ativo envolvido) na catálise da serina; cisteíno endopeptídates (centro ativo específico para cisteína); aspártico endopeptídates (as quais são dependentes de resíduos de ácido aspártico) e as metaloendopeptídates (utilizam metais em suas reações catalíticas). A cadeia polipeptídica resultante da clivagem de uma endopeptídase pode ter vários tamanhos (Beyond e Bond, 2001).

Diversas proteases comerciais derivadas de microrganismos e vegetais, aprovadas pela FAO/WHO e FCC (Food Chemical Codex), estão disponíveis para serem utilizadas no processamento de alimentos, porém a alcalase, uma endopeptídase produzida pela fermentação do microrganismo *Bacillus licheniformis*, tem sido intensivamente utilizada pela indústria por ser considerada uma das melhores para o preparo de hidrolisados, pois o produto resultante apresenta gosto suave, mesmo quando em elevado grau de hidrólise. Outras enzimas também são utilizadas no processo de produção hidrolisado de pescado, embora cada uma atue conforme sua característica específica (Tabela 1) (Benjakul e Morrissey, 1997; Kristinsson e Rasco, 2000; Centenaro et al., 2009; Chalamaiah et al., 2012).

Tabela 1. Características de enzimas utilizadas na produção de hidrolisados proteicos (Gilmartine, 2002).

Enzima	pH de máxima	Temperatura (°C) de	Especificidade
	atividade proteolítica	máxima atividade proteolítica	
Alcalase	6,5-8,5	55-70	Endo
Neutrase0.5L	5.5–7.5	45-55	Endo
Protamex	5.5–7.5	35-60	Endo e Exo
Corolase 7089	5–7.5	<60	Endo
Corolase PN-L	5–8	<50	Endo e Exo
Corolase LAP	6–9	<70	Exo
Papaina	5–7	65-80	Endo e Exo
Bromelina	3-9	50-60	Endo e Exo
Pepsina	1,5-2,5	35-50	Endo

4.5.4 Hidrolisados proteicos na alimentação animal

Nos últimos anos, diversos estudos realizados com hidrolisados proteicos tem demonstrado tratar-se de uma excelente fonte de proteína, com bom valor nutritivo, podendo ser adicionado a rações para o consumo animal (Berge e Storebakken, 1996; Wasswa et al., 2008; Pacheco-Aguilar et al., 2008; Choi et al., 2008; Yin et al., 2010; Foh et al., 2011; Mazorra-Manzano et al., 2012; Chalamaiah et al., 2013), bem como na elaboração de rações para alimentação de organismos aquáticos (Hernandez et al., 2011; Tang et al., 2008; Zheng et al., 2012; Buyukcapar et al., 2011).

Diversas propriedades são atribuídas aos hidrolisados proteicos que viabilizam seu uso na nutrição animal. Dentre elas a melhoria na digestibilidade do alimento para animais nas fases iniciais de vida, a elevada solubilidade, o alto teor proteico, a rápida absorção e o baixo teor de cinzas, sendo esta última propriedade de extrema importância na fabricação de

produtos destinados à aquicultura (Goldhor e Regenstein, 1988; Kristinsson e Rasco, 2000; Gildberg, 1993; Dong et al., 1993).

Um das aplicações dos hidrolisados proteicos na alimentação animal é a utilização como substituto do leite no desmame de bezerros e leitões, uma vez que a fase de pós-desmame é o período mais vulnerável no desenvolvimento destes animais, pois o sistema digestório está pouco adaptado para o aproveitamento de alimentos sólidos. Nesta fase, a composição da dieta dos leitões sofre grandes mudanças: o leite materno, que antes era o principal fornecedor de nutrientes, é substituído por dietas sólidas que geralmente favorecem a ocorrência de diarreias (Spreeuwenberg et al., 2003).

Estudo realizado com hidrolisado proteico de peixe (HPP) indica que a inclusão de até 3% na dieta alimentar durante a primeira semana após o desmame não afeta o desempenho do crescimento de leitões recém-desmamados, e que não houve efeitos residuais subsequentes, demonstrando que este produto pode ser considerado como fonte alternativa de proteína em dietas para leitões desmamados (Tucker et al., 2011; Norgaard et al., 2012). Os hidrolisados proteicos também foram sugeridos como alimento para outros animais como aves e coelhos (Furlan et al., 1997) e ratos (Grazziotin et al., 2008).

De acordo com Hardy (1991), os HPPs são ingredientes possíveis de serem utilizados na aquicultura principalmente como suplementos proteicos, atrativos e potencializadores da palatabilidade. A sua alta digestibilidade faz com que seja recomendado, na alimentação de larvas de peixes cultivados, visto que nessa fase a maioria desses animais não apresenta o trato digestório morfolologicamente desenvolvido, onde a atividade enzimática presente é ainda incipiente (Kristinsson, 2006).

As particularidades do sistema digestório das larvas de peixe indicam que proteínas parcialmente hidrolisadas podem ser melhor utilizadas e, como consequência, promover melhores taxas de crescimento e sobrevivência (Carvalho et al., 1997; Cahu et al., 2004).

No estudo realizado por Berge e Storebakken (1996), avaliando o uso do HPP, foi observado efeito positivo sobre o crescimento dos juvenis de salmões alimentados com a substituição de 5 e 8% em uma dieta à base de farinha de peixe.

O uso de hidrolisado proteico de lula em microdietas para larvas de dourada (*Sparus aurata*) foi indicado à inclusão máxima de 50% como fonte de proteína e com suplementação de náuplios de artêmia durante 20 dias após o início da alimentação exógena (Kolkovski e Tandler, 2000). Lian e Lee (2003), relataram o aumento na taxa de sobrevivência dos alevinos de truta e juvenis de salmão do Atlântico alimentados com o hidrolisado de lula.

Barrias e Oliva-Teles (2000), realizaram estudo comparativo entre HPP e farinha de peixe na alimentação de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), avaliando o efeito de crescimento. As dietas contendo HPP tiveram os melhores índices de conversão alimentar e retenção de nitrogênio.

Hidrolisado proteico de arenque foi estudado na alimentação do salmão do Atlântico (*Salmo salar*), com objetivo de avaliar o crescimento do animal e a eficiência alimentar. Os resultados apresentados indicaram que níveis de inclusão de 18 a 24% demonstram uma tendência a maior consumo de ração, maior taxa de crescimento específico, conversão alimentar e a taxa de eficiência proteica, indicando que a inclusão do hidrolisado proteico não afetou o ganho zootécnico de juvenis de salmão do Atlântico (Hevroy et al., 2005).

Os hidrolisados de peixe vêm sendo estudados na alimentação de crustáceos, como do camarão tigre (*Penaeus monodon*) e camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) mostrando resultados satisfatórios, indicando seu uso na alimentação destas espécies (Anggawati et al., 1990; Hernandez et al., 2011; Niu et al., 2013).

Outras pesquisas têm relatado pouca ou nenhuma vantagem da utilização de HPPs em formulações de alimentos. Wilson et al. (1984), constaram que o HPP usado na alimentação do catfish (*Ictalurus punctatus*) foi menos eficaz do que a farinha de peixe, provavelmente

devido à deficiência de importantes aminoácidos. Oliva-Teles et al. (1999), relataram que a substituição parcial da farinha de peixe por HPP, mesmo em níveis elevados, não teve efeito positivo sobre o crescimento de juvenis de pregado (*Scophthalmus maximus*). Este resultado, segundo o autor, pode estar relacionado com o tamanho dos peptídeos produzidos durante o processo de hidrólise, que pode desempenhar um papel importante na eficácia do HPP em formulações de dietas para animais.

Alguns estudos têm investigado seus efeitos como imunoestimulantes, que são ferramentas consideradas promissoras para aumentar a resistência dos peixes cultivados a doenças e ao estresse (Bagni et al., 2000; Liang et al., 2006). Além de estudar os efeitos de crescimento, Tang et al. (2008), investigaram as respostas imunológicas da pescada amarela (*Pseudosciaena crocea*) alimentadas com HPP. De modo geral, este estudo sugeriu uma suplementação de 10%, o que melhorou o desempenho zootécnico e os parâmetros imunológicos.

Com base nas pesquisas realizadas, os HPP poderiam, portanto, não apenas ser usado para aumentar o crescimento dos peixes, mas também por apresentar impacto positivo na resposta imunológica dos animais.

4.6 Digestibilidade

Em estudos de nutrição a análise química e a determinação da digestibilidade são alguns dos aspectos mais importantes para avaliar a qualidade nutricional dos alimentos, quantificando a proporção de nutrientes ou energia absorvida do alimento que não é excretada nas fezes (Sampaio et al., 2001; NRC, 2011).

O potencial biológico de um alimento depende de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingerí-los e absorvê-los. O resultado desse processo varia em função da espécie, das condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa

entre os nutrientes e dos processos tecnológico a que o alimento tenha sido submetido (Hiquera, 1987).

A determinação da digestibilidade tem sido prioridade para a nutrição de organismos aquáticos, tanto para avaliar ingredientes ou a qualidade de rações completas (Sadiku e Juancey, 1995). Pezzato et al. (2004), afirmam que o conhecimento do coeficiente de digestibilidade dos alimentos e dos nutrientes permite a formulação de rações que melhor atendam as exigências nutricionais dos peixes, evitando tanto a sobrecarga fisiológica quanto a ambiental.

4.6.1 Métodos para determinação da digestibilidade

A determinação da digestibilidade é realizada através de dois processos: o método direto e o método indireto. O método direto é determinado através da diferença entre a quantidade do nutriente presente no alimento teste oferecido ao peixe e a quantidade do nutriente presente nas fezes (Lovell, 1998).

Este método é dificultado pelo fato do animal viver em ambiente aquático, o que favorece a perda de nutrientes por lixiviação, impossibilita a precisão da coleta fezes e a medição do consumo do alimento (Bomfim e Lana, 2004). Apesar deste método ser pouco utilizado em estudos com animais aquáticos, existem técnicas adaptadas para coleta total das fezes, como por exemplo: a câmara metabólica (Halver, 1989); sistema de filtragem contínua adaptada para a coleta total de fezes (Choubert et al., 1979; Choubert et al. 1982); e sistema de bolsa coletora de fezes (Vidal Junior, 2000).

No método indireto, a digestibilidade é estimada pela diferença de concentração do marcador e nutriente no alimento e nas fezes, de forma que a coleta total das fezes não é necessária, apenas uma amostra representativa (NRC, 2011; Halver, 1989). Para utilizar um elemento como marcador, este deve ser de fácil mistura ao ingrediente, passar pelo intestino

do peixe a mesma velocidade que o alimento testado, ser atóxico, inassimilável e/ou indigerível pelo organismo e passível de análise precisa (Lovell, 1998).

Os marcadores de digestibilidade podem ser usados de forma interna ou externa ao alimento. Os marcadores internos são os elementos indigestíveis presentes no próprio alimento, tais como: fibra bruta, cinzas e celulose. Já os marcadores externos são compostos ou substâncias adicionados às dietas, sendo o óxido de cromo III (Cr_2O_3) o mais utilizado em ensaios de digestibilidade em peixes. (Austreng, 1978; Bremer-Neto et al., 2003).

4.6.2 Métodos de coleta das fezes

A coleta das fezes pode ser realizada de duas formas: com o peixe dentro ou fora d'água. Na primeira, as excretas podem ser obtidas diretamente de um cultivo como tanque ou aquário através da decantação (Cho et al., 1985; Law et al., 1985; Allan et al., 2000; Pezzato et al., 2002); filtração contínua (Choubert et al., 1979 e 1982) e pipetagem direta no fundo do tanque (Watanabe e Ohta, 1995). Quando a coleta é realizada com o peixe fora d'água, as excretas são obtidas por dissecação (Austreng, 1978; Windell et al., 1978); extrusão ou pressão abdominal (Nose, 1967) e sucção anal (Austreng, 1978; Degani et al., 1997; Percival et al., 2001).

Dentre os métodos citados os mais utilizados em experimentações de digestibilidade com peixes são a decantação, dissecação e extrusão. A decantação baseia-se na coleta das fezes através de um frasco acoplado ao fundo de um tanque cilíndrico cônico por meio de sedimentação e tem como vantagem não estressar o peixe, além de possibilitar o uso de animais de qualquer tamanho ou idade (Hardy, 1997). A desvantagem é o contato das fezes com a água, que ocasiona a lixiviação dos nutrientes, superestimando a digestibilidade do alimento (Vandenberg e De La Noue, 2001; Windell et al., 1978; Hajen et al., 1993). No

entanto, segundo Cho et al. (1985), a lixiviação do material fecal nesse método é mínima, além de ser um processo bastante prático.

Na técnica de dissecação, depois dos peixes serem anestesiados e sacrificados, é realizado um corte longitudinal na região ventral para coleta do conteúdo fecal na parte terminal do intestino. A desvantagem desta técnica está na possibilidade de ocorrer a redistribuição do material fecal no trato intestinal após a eutanásia, passando material ainda não digerido para o intestino posterior (Bomfim e Lanna, 2004).

Pelo processo de extrusão, as fezes são colhidas por uma cuidadosa massagem na região ventral. Este método tem como vantagem impedir a lixiviação dos nutrientes e dispensar o uso de estruturas como tanques especiais de coleta de fezes (Filho, 2005). No entanto, este procedimento, além de estressar os animais, pode ocasionar a contaminação das fezes por urina, coleta de fluidos do intestino ou material não digerido (Bomfim e Lanna, 2004).

4.6.3 Alimentos e estudos de digestibilidade

Existe no mercado uma enorme variedade de alimentos que é usada na formulação de rações destinada a aquicultura, os quais podem ser classificados como proteicos (aqueles que possuem mais de 20% de proteína bruta) e energéticos (aqueles que apresentam porcentagem inferior a 20% de proteína bruta e altas quantidades de carboidratos) (Hardy e Barrows, 2002).

Os alimentos energéticos e proteicos de origem animal ou vegetal apresentam distintos coeficientes de digestibilidade (CD), o que está relacionado com a capacidade digestiva do peixe em absorver os nutrientes. Além disso, ingredientes com semelhança na composição química podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade (Zavala-Camim, 1996; Sampaio et al., 2001).

Um dos principais ingredientes usados, tradicionalmente, na formulação de rações comerciais para peixes é a farinha de peixe, devido à alta concentração de proteína, balanceamento de aminoácidos essenciais e por se tratar de uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, de energia digestível, minerais e vitaminas (Tacon, 1993; El-Sayed, 1999).

A tilápia do Nilo apresenta um bom CD para este ingrediente, sendo 88,13% de proteína bruta, 84,74% para energia bruta e 83,55% para matéria seca (Boscolo et al., 2008). Para a carpa (*Labeo rohita*), os CD da proteína bruta, energia bruta e matéria seca foram de 80,2%; 78,3% e 50,15%; respectivamente (Hussain et al., 2011). Já para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) esses valores foram maiores: 96,27% para proteína bruta, 95,46% de energia bruta e 87,59% de matéria seca.

Valores semelhantes foram relatados para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*): 90% de proteína bruta, 95% de energia bruta e matéria seca (Gaylord e Barrows, 2008). Outros alimentos de origem animal também são usados em rações para peixes, no entanto, segundo Pezzato et al. (2009), a farinha de vísceras, a farinha de carne e a farinha de peixe são os alimentos que oferecem os melhores CD.

Com relação aos alimentos de origem vegetal, o farelo de soja é a principal fonte proteica usada na formulação de rações para peixes, e é também considerada como alternativa a farinha de peixe, por sua disponibilidade no mercado e pela qualidade nutricional, que embora não seja rica em lipídios, possui boa parte da totalidade dos ácidos graxos necessários para os peixes de água doce (Fabregat et al., 2011).

Entretanto, o farelo de soja possui fatores antinutricionais e deficiência em alguns aminoácidos essenciais, o que leva a diminuição da sua digestibilidade (Krogdhal et al., 1994; Francis, 2001). O valor nutricional deste alimento está diretamente relacionado com o tipo de processamento utilizado, que tem efeito direto sobre a inativação dos fatores antinutricionais (Davies et al., 1997; Bertol et al., 2001; Furuya et al., 2004).

As diferentes espécies de peixes geralmente utilizam esse alimento eficientemente, como é o caso das tilápias, que apresentam os CDs semelhantes, mesmo quando os estudos são realizados por diferentes pesquisadores e em diferentes regiões. Furuya et al. (2001), encontraram valores de 92% e 77% de CDA para proteína e energia do farelo de soja, Boscolo et al. (2002), determinaram CDAs de 89% e 71% para proteína e energia, respectivamente. Silva et al. (2005), relataram CD da proteína e energia de 92% e 73%, respectivamente.

O glúten de milho é outro ingrediente proteico que vem sendo usado na alimentação de peixes. É um subproduto da fabricação do amido de milho e contém cerca de 60% de proteína bruta (NRC, 1993). Estudos tem demonstrado que este ingrediente possui alta digestibilidade tanto para peixes onívoros, quanto para peixes carnívoros. Para alevinos de jundiá, o CD foi de 90,2% da proteína bruta e 81,3% da energia bruta (Oliveira-Filho e Fracalossi, 2006).

Dentre os alimentos energéticos mais utilizados na formulação de rações estão o milho e o farelo de arroz (Oliveira-Filho, 2005). Para o surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) os CD da proteína e energia bruta do milho foram 87,4% e 62,43%, respectivamente e para o farelo de arroz de 83,84% para proteína bruta e 66,41% para energia bruta (Teixeira et al., 2010). Em pesquisa com jundiá (*Rhamdia quelen*), Oliveira-Filho e Fracalossi (2006) encontraram CD para matéria seca, proteína bruta e energia bruta do milho (57,2; 73,0 e 59,1%) e farelo de arroz (60,5; 80,7 e 64,8%). As tilápias aproveitam efetivamente o milho e derivados, como demonstrado por Guimarães et al. (2008), com 73% de digestibilidade aparente da proteína e 67% de digestibilidade aparente da energia. Vasquéz-Torres et al. (2010), determinaram o CDA do milho amarelo de 84 e 59% para a proteína e energia, respectivamente.

Os peixes carnívoros, como o beijupirá e a truta arco-íris, possuem alta digestibilidade para ingredientes como a farinha de peixe, em virtude da morfologia e fisiologia do sistema digestório que é adequado para digerir produtos de origem animal (Zavala-Camim, 1996). Os

peixes onívoros, como tilápias e carpas, estas adaptações possibilitam aproveitar melhor os carboidratos e a proteína das rações com elevada porcentagem de ingredientes vegetais (Tengjaroenkul et al., 2000; Kubarik, 1997). Isso permite uma redução no custo com a alimentação (Degani et al., 1997), principalmente com as tilápias, que se destacam como as espécies mais cultivados em todo mundo.

5 CAPÍTULO 2: Artigo a ser submetido à revista científica

Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação de pós-larvas de tilápia do Nilo

Resumo - O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da energia bruta, proteína bruta e matéria seca do hidrolisado proteico de resíduo de pescado (HPRP) e avaliar o desempenho produtivo de pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com níveis crescentes desse produto. A digestibilidade foi determinada através do método de Guelph modificado, onde foram empregados 120 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio de 100g. Na avaliação do desempenho produtivo de pós-larvas, foram utilizados 375 animais, com três dias de idade, distribuídos em 25 aquários com volume útil de 30L, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Foram elaboradas cinco rações a base de ingredientes vegetais, as quais foram incluídos 0, 2, 4, 6 e 8% de HPRP. As variáveis analisadas foram: peso final, ganho em peso, taxa de crescimento específico, sobrevivência e uniformidade do lote. Os valores de digestibilidade encontrados foram: CDA da matéria seca de 98,29%; CDA da proteína bruta de 99,28%; CDA da energia bruta de 99,13%; energia digestível aparente de 6425,79 kcal.kg⁻¹. Os tratamentos influenciaram ($p < 0,05$) positivamente o peso final e o ganho de peso, com o melhor nível de inclusão de 4,75% e para a taxa de crescimento específico, o melhor nível indicado foi de 4,77%. Concluímos que o HPRP pode ser eficientemente utilizado pela tilápia do Nilo, indicando a inclusão de 4,75% em dietas na fase de pós-larva.

Termos para indexação: Aquicultura, Aproveitamento, Digestibilidade, Nutrição.

Protein hydrolysate from fish waste in feeding post-larvae of Nile tilapia

Abstract - The objective of this study was to determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of nutrients and gross energy of the protein hydrolyzate of fish waste (HFW) and the growth performance of post-larvae of Nile tilapia fed with increasing levels of this product. Digestibility were used 120 juvenile Nile tilapia with an average weight of 100g. The determination of the ADC and apparent digestible energy were made by indirect method, using 0.01% chromic oxide as an inert marker. In the performance evaluation of post-larvae, 375 animals were used , with three days of age, in 25 aquariums 30L , in a completely randomized design with five treatments and five replications . Five diets were prepared based on vegetable ingredients, which were included 0, 2, 4, 6 and 8% HFW. The variables analyzed were: final weight, weight gain, specific growth rate, survival and flock uniformity. The digestibility values were: ADC of dry matter 98.29%, ADC of crude protein 99.28%; CDA gross energy of 99.13%, apparent digestible energy of 6425.79 kcal.kg⁻¹ . The treatment effect ($p < 0.05$) positively final weight and weight gain , with the best level of 4.75% and the specific growth rate, the best level recorded was 4.77% . We conclude that the HFW can be efficiently used for Nile tilapia and without cause harm in animal husbandry in the post-larva.

Index terms: Aquaculture, Nutrition, Utilization, Digestibility.

Introdução

Na aquicultura mundial, as tilápias são consideradas como o segundo grupo de peixes de maior importância, com produção média de 3.5 milhões de toneladas (FAO, 2012). Além disso, suas características zootécnicas e a alta qualidade de sua carne tornam-na aptas ao processamento industrial e muito bem aceito pelo mercado consumidor (Toyama et al., 2000).

De hábito alimentar onívoro, alimentam-se principalmente de algas clorofíceas, detritos e insetos aquáticos (Oso et al., 2006), mas possui uma plasticidade alimentar tanto origem animal quanto vegetal, o que facilita o seu cultivo. Essas características contribuem para o aumento verificado na produção mundial da espécie.

A produção de larvas e alevinos em quantidade e qualidade, para atender à demanda cada vez maior pela crescente expansão da piscicultura, depende de soluções eficientes para os problemas existentes nos processos de criação. Dentre os fatores responsáveis pelos insucessos na larvicultura destaca-se, como principal, o fator alimentação (Cestarolli et al., 1997; Souza et al., 2004),

Devido ao melhor perfil de aminoácidos e aos minerais disponíveis nos produtos de origem animal em dietas para peixes, principalmente para as fases iniciais, recomenda-se que parte da proteína dietária seja de origem animal, para que se tenham índices de desempenho satisfatórios (Galdioli et al., 2000; NRC, 2011).

Contudo, a farinha de peixe continua sendo a principal fonte proteica nas dietas para a maioria das espécies cultivadas devido ao seu perfil de aminoácidos balanceado, ácidos graxos essenciais, energia digestível, vitaminas e minerais (Borgeson et al., 2006; Tacon et al., 2008).

O mercado mundial da farinha de peixe tem sua produção estagnada em torno de seis a sete milhões de toneladas desde 1985 e juntamente com o aumento da demanda e competição das fábricas de ração dos outros setores de produção animal têm aumentado seu

valor, onerando, desta forma, os custos de produção em sistemas aquícolas (Faria et al., 2001; Tacon et al., 2008; Merino et al., 2010).

Nos últimos anos diversos estudos têm sido realizados a fim de substituir total ou parcialmente a farinha de peixe na elaboração de dietas para organismos aquáticos, mantendo os padrões nutricionais das rações. Uma alternativa com grande potencial é o aproveitamento de resíduos da indústria de beneficiamento do pescado em forma de hidrolisado proteico, que é definido como proteínas que são divididas em péptidos de vários tamanhos. A degradação pode ser realizada quimicamente (utilizando ácidos ou bases) ou biologicamente (utilizando enzimas), sendo o processo enzimático mais promissor por gerar um produto de alta funcionalidade e elevado valor nutritivo (Naylor et al., 2009; Pasupuleti e Braun 2010; Zheng et al., 2011).

A composição centesimal de um hidrolisado proteico produzido a partir de resíduo de pescado pode conter em média 78,75% de proteína bruta, 3,42% de gordura e 12,51% de cinzas (Benjakul e Morrissey, 1997; Sathivel et al., 2003 e 2005; Nilsang et al., 2005; Wasswa et al., 2007; Ovissipour et al., 2010). Este produto em substituição à farinha de peixe, mesmo em baixos níveis de inclusão, demonstra efeito benéfico no desempenho produtivo e atividade imunológica de várias espécies de peixes, principalmente nas fases iniciais de vida (Refstie et al., 2004; Hevroy et al., 2005).

Tang et al. (2008), mostraram que a inclusão com até 10% de hidrolisado proteico de pescado (HPP) na alimentação de corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*), melhorou o crescimento e os parâmetros imunológicos. Do mesmo modo, Kolkovski e Tandler (2000), Barrias e Oliva-Teles (2000), Lian e Lee (2003), Zheng et al. (2011) e Chotikachinda et al. (2013), encontram efeitos positivos com a suplementação de HPP na alimentação das espécies estudadas. Os resultados encontrados nestes estudos podem estar relacionados com a alta palatabilidade do HPP, peptídeos biologicamente ativos imunoestimulante e com

propriedades antibacterianas, que podem ser produzidas durante o processo de hidrólise (Bogwald et al., 1996; Kotzamanis et al., 2007).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar o coeficiente de digestibilidade e avaliar o desempenho produtivo de pós-larvas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com hidrolisado proteico de resíduo de pescado (HPRP).

Material e Métodos

Os experimentos de digestibilidade e desempenho zootécnico foram conduzidos no Laboratório de Aquicultura e Nutrição de Peixes do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAQ), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)-*Campus Toledo*.

Matéria prima para produção do hidrolisado proteico de resíduo de pescado (HPRP)

O HPRP foi constituído por 80% de resíduo da filetagem da tilápia (cabeças, vísceras, escamas, barbatanas, coluna vertebral e tecido aderido) e 20% de sardinha inteira. O material foi triturado em moedor elétrico para produzir 10 kg de massa homogênea.

Produção do HPRP

Foi adicionado ao resíduo triturado um volume de água igual a 20% do peso da massa e homogeneizados num misturador por aproximadamente 5 minutos. Em seguida, BHT e BHA foram adicionados em níveis de 0,01%. A mistura foi agitada e ajustada a temperatura para o ótimo da atividade enzimática. A enzima Alcalase foi acrescida em 0,5% e continuamente agitada durante 60 minutos, após este período a atividade enzimática foi cessada pelo aumento da temperatura para 85°C, por 15 minutos e adicionado um conservante alimentício (ácido cítrico). No final do processo, o hidrolisado líquido foi filtrado para retirada de pequenos ossos.

Preparo das dietas e condições experimentais

Digestibilidade

As dietas foram elaboradas utilizando uma ração prática extrusada como referência (Tabela 1) e uma ração teste extrusada, sendo esta composta por 80% da ração referência e 20% do ingrediente a ser testado (NRC, 2011) e acrescentado 0,01% de óxido de cromo, usado como marcador inerte.

Os ingredientes foram triturados em um moinho tipo martelo com peneira de 0,5 milímetros de diâmetro. Após a moagem, os ingredientes foram pesados, homogeneizados e umedecidos para processamento da ração referência e teste, que foram preparadas de forma extrusada (extrusora EX-Micro[®]).

Foram utilizados 120 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio de 100g, distribuídos aleatoriamente em seis tanques cônicos cilíndricos com capacidade de 90L, adequados para coleta de fezes, onde permaneceram por um período adaptativo de sete dias às dietas e condições experimentais. Os tratamentos foram sorteados no início do período adaptativo, sendo três tanques com ração referência e três tanques com ração teste.

Tabela 1: Ração referência utilizada no experimento de digestibilidade.

Ingrediente	Porcentagem %
Soja	28,60
Arroz	25,00
Milho	16,88
F. de peixe	15,00
Trigo	08,00
F. de vísceras de aves	05,00
Premix	01,00
Sal	00,30
A. propionico (antifúngico)	00,20
Antioxidante (BHT)	00,02
Valores calculados	Porcentagem
Amido	32,00
Cálcio	01,27
ED	3,1186 kcal/kg
Fibra bruta	02,62
Fosforo total	01,04
Gordura	03,13
Lisina total	01,73
Metionina total	00,58
Proteína bruta	29,73
Treonina bruta	01,19

Na manhã do dia seguinte foram realizadas as coletas das fezes através do copo coletor, acoplado ao fundo do tanque. As fezes então foram colocadas em frasco e armazenadas em freezer a -15°C, permanecendo até o início das análises.

Os coeficientes de digestibilidade aparente e energia bruta dos nutrientes do HPRP e das dietas foram calculada de acordo com as equações modificadas do NRC (2011):

$$CDA(n) = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_3d}{\%Cr_2O_3f} \times \frac{\%Nf}{\%Nd} \right) \right]$$

Onde:

CDA(n): coeficiente de digestibilidade do nutriente; %Cr₂O₃d: % de óxido de cromo na dieta; %Cr₂O₃f: % de óxido de cromo das fezes; %Nf: % de nutriente nas fezes; %Nd: % nutriente na dieta.

$$CDA(i) = CDA(dt) + (CDA_{dt} - CDA_{dr}) * \left[\frac{0,8 * D_{dr}}{0,2 * D_{ing}} \right]$$

Onde:

CDA(i)= coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente; 0,8=porcentagem da dieta referencia; CDA_{dt}=coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste; 0,2=porcentagem do ingrediente; CDA(db)=coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referencia.

Desempenho zootécnico de pós-larvas de tilápia do Nilo

Foram utilizadas 375 pós-larvas de tilápia do Nilo, com três dias de idade, as quais foram distribuídas em 25 aquários com volume útil de 30L, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo a unidade experimental constituída por um aquário com 15 animais. Os aquários apresentavam sistema de aeração e aquecimento da água individualizados, sendo realizadas duas sifonagens uma no período da manhã e outra no final da tarde. Este experimento teve a duração de 35 dias.

Foram elaboradas cinco rações a base de ingredientes de origem vegetal, com cinco níveis de inclusão de HPRP, sendo: 0; 2; 4; 6 e 8%. As dietas experimentais foram formuladas de acordo com a recomendação do NRC (2011), de forma a serem isoprotéicas e isoenergéticas (Tabela 2).

Tabela 2. Composição percentual das rações experimentais a base de ingredientes vegetais com inclusão do hidrolisado proteico de resíduo de pescado (HPRP) para larvas de tilápia do Nilo.

Ingredientes	Níveis de Inclusão de HPRP (%)				
	0	2	4	6	8
Farelo de soja	39,37	39,35	39,33	39,31	39,29
Glúten de milho	25,10	23,82	22,55	21,28	20,00
Milho grão	12,58	12,89	13,2	13,51	13,74
HPRP	00,00	02,00	04,00	06,00	08,00
Quirera de Arroz	05,00	05,00	05,00	05,00	05,00
Glúten de trigo	05,00	05,00	05,00	05,00	05,00
Fosfato Bicálcico	03,85	03,84	03,82	03,81	03,80
Isolado proteico de soja	03,00	03,00	03,00	03,00	03,00
Suplemento (mineral + vitamínico) ¹	01,00	01,00	01,00	01,00	01,00
L-Treonina	00,23	00,22	00,22	00,21	00,21
Antifúngico	00,20	00,20	00,20	00,20	00,20
Óleo de soja	04,07	03,09	02,11	01,13	00,15
Inerte (Cloreto de colina)	00,10	00,10	00,10	00,10	00,10
Vitamina C	00,10	00,10	00,10	00,10	00,10
L-Triptofano	00,06	00,06	00,05	00,05	00,05
DL-Metionina	00,01	00,01	00,02	00,02	00,03
Antioxidante	00,02	00,02	00,02	00,02	00,02
Valores calculados	0	2	4	6	8
A. Linoleico (%)	03,12	02,70	02,28	01,86	01,44
Amido (%)	21,40	21,41	21,41	21,41	21,41
Cálcio (%)	01,10	01,10	01,10	01,10	01,10
ED Tilápia (kcal kg ⁻¹)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Gordura (%)	06,21	06,20	06,19	06,19	06,18
Metionina (%)	00,75	00,75	00,75	00,75	00,75
Proteína Digestível (%)	41,30	41,30	41,30	41,30	41,30
Treonina (%)	01,70	01,70	01,70	01,70	01,70
Triptofano	00,43	00,43	00,43	00,43	00,43

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D3 - 200.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K3 - 1.000 mg; vit. B1 - 1.500 mg; vit. B2 - 1.500 mg; vit. B6 - 1.500 mg; vit. B12 - 4.000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4.000 mg; vit. C - 15.000 mg; biotina - 50 mg; inositol - 10.000; nicotinamida - 7.000; colina - 40.000 mg; cobalto - 10 mg; cobre - 500 mg; ferro - 5.000 mg; iodo - 50 mg; manganês - 1.500 mg; selênio - 10 mg; zinco - 5.000 mg.

As rações experimentais foram extrusadas, em seguida secas em estufa com circulação de ar forçado à 50°C, e posteriormente processadas em moinho tipo martelo com peneira de 0,2 milímetros. As rações foram fornecidas à vontade, cinco vezes ao dia, às 8 h, 10h30, 13 h, 15h30 e 18h.

Ao final do período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas e, após este período, foram efetuadas as medidas individuais de peso (g) e comprimento total (cm).

Os cálculos de desempenho zootécnico foram:

- Taxa de sobrevivência: N_f (número de peixes final); N_i (número de peixe inicial).

$$TS\% = \frac{N_f * 100}{N_i}$$

- Ganho em peso: P_f (peso final); P_i (peso inicial).

$$GP = \frac{P_f}{P_i}$$

- Taxa de crescimento específico: $\ln P_f$ (log natural do peso final); $\ln P_i$ (log natural do peso inicial); N_d (numero de dias do experimento).

$$TCE = \left[\left(\frac{\ln P_f - \ln P_i}{N_d} \right) * 100 \right]$$

- Uniformidade do lote: $N_{m \pm DV}$ (número de peixes com peso corporal dentro da média $\pm$ desvio padrão; N_t (número total de peixes).

$$UL = \left[\left(\frac{N_{m \pm DV}}{N_t} \right) * 100 \right]$$

Análises laboratoriais

A ração referência e ração teste foram submetidas às análises de matéria seca, cinzas, proteína bruta, gordura, energia e óxido de cromo. Das fezes foram analisadas a proteína bruta, energia bruta e óxido de cromo. Todas as análises das dietas e fezes seguiram a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemistry (2005), com exceção da análise de cromo que seguiu o protocolo descrito por Bremer Neto et al. (2003).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), em seguida, para comparação das médias foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). A determinação do melhor nível de inclusão do HPRP foi realizada através da equação quadrática associado ao modelo Linear Response Plateau (LRP). O nível ótimo estimado é estabelecido pelo primeiro ponto de intersecção da curva quadrática com o platô do LRP. Os dados foram calculados utilizando o programa estatístico SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1982).

Resultados

Em ambos os experimentos a temperatura da água ($25,12 \pm 1,15^\circ\text{C}$), a concentração de oxigênio dissolvido, o pH ($6,68 \pm 0,26$) e oxigênio dissolvido ($4,55 \pm 0,64 \text{ mg L}^{-1}$) dos tanques de coleta das fezes foram medidas diariamente com auxílio de um multi-parâmetro, assim como, nos aquários para avaliação de desempenho a temperatura da água ($26,26 \pm 0,50^\circ\text{C}$), pH ($6,23 \pm 0,40$) e oxigênio dissolvido ($5,93 \pm 0,34 \text{ mg L}^{-1}$), permanecendo dentro do recomendado para o cultivo de peixes tropicais (BOYD 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

A composição centesimal mostrou que o HPRP apresenta 40,74% de proteína bruta, 54,06% de lipídeos, 3,23% de cinzas e $6,429 \text{ kcal kg}^{-1}$ de energia bruta (valores com base na matéria seca). O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta e matéria seca foram de 99,28%; 99,13% e 98,29% respectivamente. Já a proteína e energia digestível foram de 39,72% e $6,425 \text{ kcal kg}^{-1}$, nesta ordem.

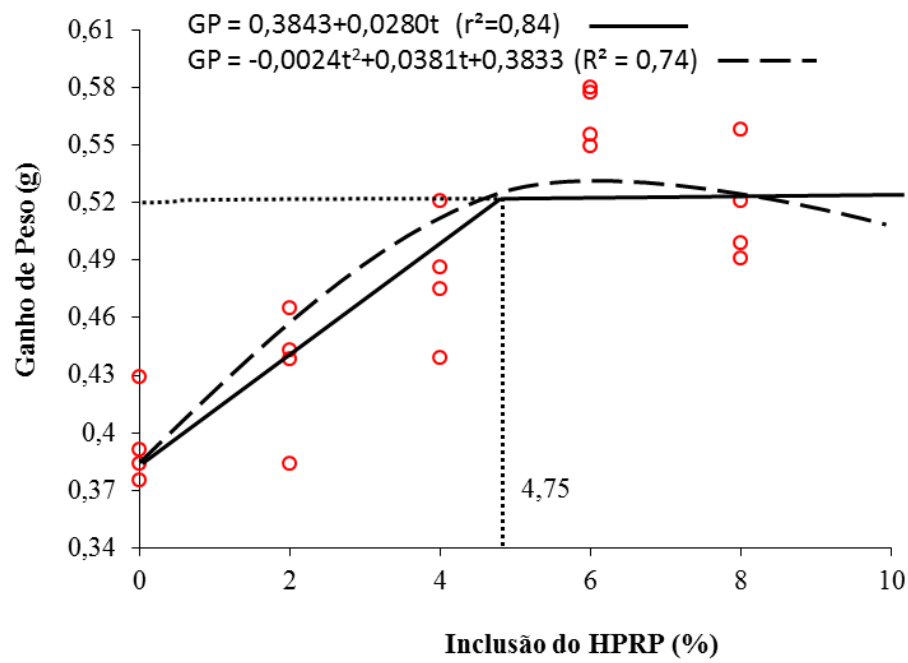
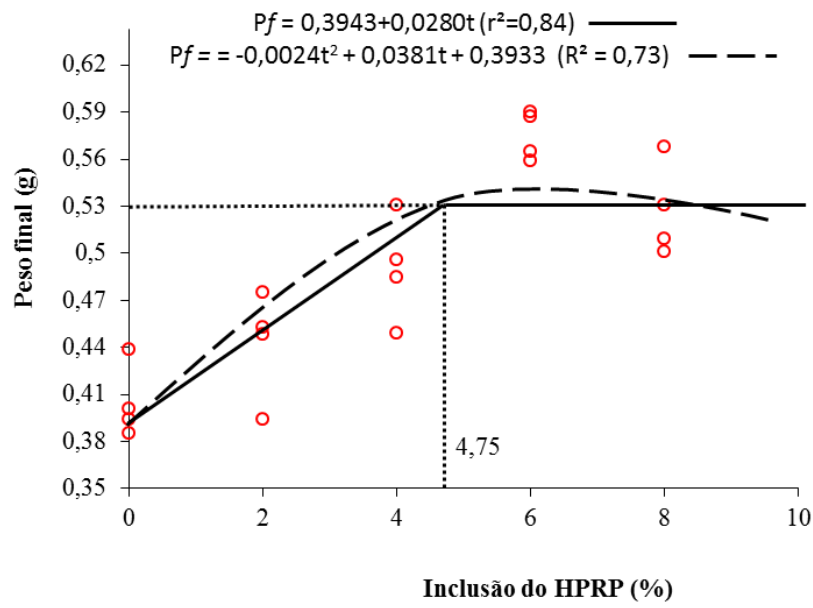
Com relação ao desempenho zootécnico, os parâmetros de sobrevivência e uniformidade do lote não foram influenciados ($p > 0,05$) pelas dietas experimentais. No entanto, quando comparado à ração referência, os animais alimentados com as dietas experimentais com inclusão do HPRP obtiveram melhores resultados (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho de pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentadas com diferentes níveis de inclusão do hidrolisado proteico de resíduo de pescado (média e desvio padrão).

Variável	Níveis de inclusão do HPRP (%)				
	0	2	4	6	8
Pi (g)	0,01 ±	0,01 ±	0,01 ±	0,01 ±	0,01 ±
	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Pf (g)	0,40 ^a ±	0,44 ^{ab} ±	0,50 ^{bc} ±	0,57 ^{cd} ±	0,52 ^d ±
	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
GP (g)	0,39 ^a ±	0,42 ^{ab} ±	0,48 ^{bc} ±	0,56 ^{cd} ±	0,52 ^d ±
	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
TCE (%)	12,33 ^a ±	12,63 ^{ab} ±	12,97 ^{bc} ±	13,51 ^{cd} ±	13,21 ^d ±
	0,19	0,13	0,23	0,09	0,19
TS (%)	88,33 ^a ±	83,33 ^a ±	90,00 ^a ±	90,00 ^a ±	86,67 ^a ±
	6,38	6,66	11,57	0,67	10,88
UL (%)	65,62 ^a ±	72,54 ^a ±	77,12 ^a ±	74,48 ^a ±	66,62 ^a ±
	3,15	5,52	4,34	2,17	4,33

Peso médio inicial (PI), peso médio final (PF), ganho em peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), taxa sobrevivência (TS), uniformidade do lote (UL). Letras iguais na mesma linha não diferiram entre si (ANOVA, $p > 0,05$).

O peso final, ganho em peso e taxa de crescimento específico apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Tais variáveis apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$) dos níveis de inclusão do HPRP. A associação do efeito quadrático com o modelo de LRP indica o melhor nível de 4,75% para o peso final e ganho em peso. Do mesmo modo, para a taxa de crescimento específico o melhor valor apontado foi de 4,77% (Figura 1).



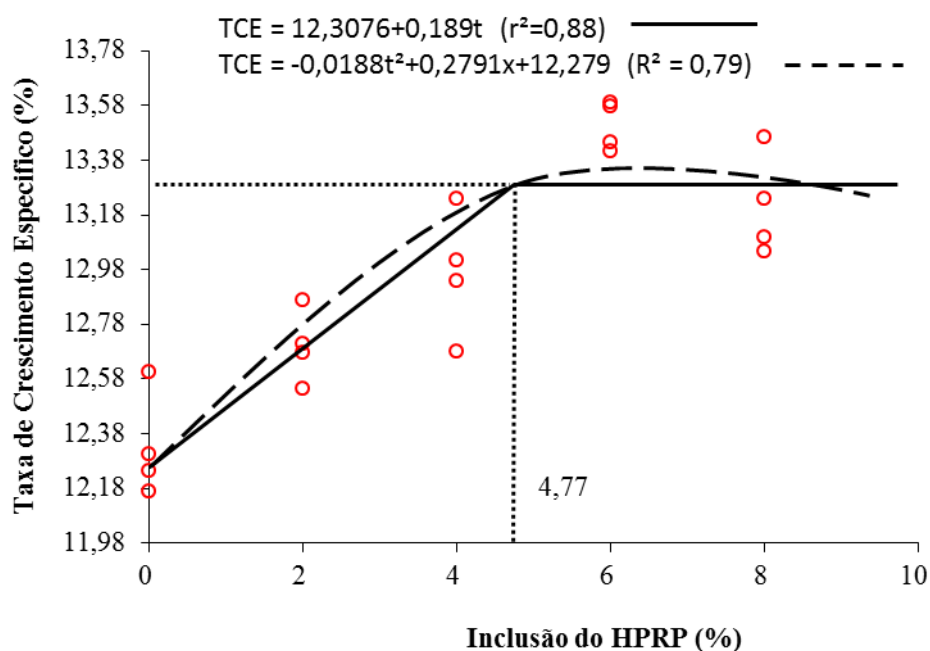


Figura 1. Representação gráfica do melhor nível de inclusão do hidrolisado proteico de resíduo de pescado para o peso final (A), ganho em peso (B) e taxa de crescimento específico (C), por meio do primeiro intercepto da equação quadrática com o platô do LRP.

Discussão

A composição centesimal do HPRP observada no presente estudo assemelha-se a outros hidrolisados mencionados na literatura produzidos com resíduos de pescado (Tabela 5). Ainda que o processo de hidrólise de proteínas seja relativamente simples, há certo número de fatores que necessita de uma análise cuidadosa antes, durante e depois do processo de hidrólise. A natureza e qualidade da matéria-prima são um dos fatores que podem influenciar os resultados obtidos, afetando características como a qualidade e funcionalidade do produto final (Kristisson, 2006).

Tabela 5: Composição centesimal de hidrolisado proteico de resíduo de pescado citados na literatura.

HPRP	Composição centesimal (%)			Referência
	Proteína	Lipídeo	Cinza total	
HPCC ¹	40,60	09,95	27,50	Synowiecki e Alkhateeb (2000)
HPSpC ²	63,86	03,81	23,86	Randriamahatody et al. (2011)
HPSpC ²	46,73	-	08,25	Bueno-Solano et al. (2009)
HPRT ³	37,70	25,60	08,56	Abdul-Hamid et al. (2002)
HPRT ³	40,70	49,23	02,67	Silva (2010)
HPRC ⁴	47,09	23,37	01,68	Martins et al (2009)
HPVA ⁵	65,70	36,00	08,30	Chotikachinda et al. (2013)

HPCC¹ (Hidrolisado proteico de casca de camarão); HPSpC² (Hidrolisado proteico de subproduto de camarão); HPRT³ (Hidrolisado proteico de resíduo de tilápia); HPRC⁴ (Hidrolisado proteico de resíduo de corvina; HPVA⁵ (Hidrolisado proteico de vísceras de atum).

A alta quantidade de lipídeos pode estar relacionada com o resíduo de tilápia utilizado no processo de hidrólise, os quais foram aproveitados vísceras, cabeça, coluna vertebral e sardinha inteira com vísceras. Isto também pode ter influenciado negativamente o teor de proteína. Martins et al. (2009), mencionam que os valores baixos de proteínas estão relacionados com a alta quantidade de lipídeos encontrados ainda em hidrolisados proteicos de resíduo de corvina.

Taheri et al (2012), sugerem a centrifugação do material para extrair a porção de gordura que é liberada a partir da hidrólise enzimática. Nilsang et al. (2005), relatam ainda que quanto menor o teor de gordura, menor a possibilidade de haver oxidação e assim melhora a estabilidade do produto durante o armazenamento.

Quanto ao conteúdo de cinzas, foi observado valor menor ao encontrado por Diniz et al. (1996), com 14% e Zaverze et al. (2009), com 8,12%. Este resultado é decorrente da diferença entre os métodos utilizados. No presente estudo não houve o ajuste do pH, como foi observado nos trabalhos citados, o qual contribui para formação de NaCl durante a hidrólise enzimática das proteínas (Martins et al., 2009).

Com relação à digestibilidade, a energia bruta do HPRT mostrou-se altamente digerível pela tilápia do Nilo. Este resultado se atribui segundo Bedford (1995), Cavalheiro et al. (2007) e NRC (2011) ao baixo conteúdo de fibras e cinzas presentes neste alimento.

Do mesmo modo, a proteína apresentou elevada digestibilidade, o que pode estar associado com o aumento da solubilidade da proteína e/ou desdobramento estrutural da molécula de proteína em unidades peptídicas de menor tamanho, ocorridos durante o processo de hidrólise (Plancken et al., 2003).

Diversos estudos confrontam a absorção entre os aminoácidos gerados de hidrólise enzimática de proteínas com uma mistura equivalente de aminoácidos livres. A cinética de absorção intestinal de aminoácidos é consideravelmente maior para soluções contendo somente di- e tripeptídeos ou proteína parcialmente hidrolisada, do que aquelas constituídas apenas de aminoácidos livres (Keohane et. al., 1985; Grimble et al., 1986; Rerat, 1993; Boza et al., 2000; Zhanghi e Matthews, 2010; Fairclough et al., 2013).

A diferença na velocidade de absorção de aminoácidos livres e pequenos peptídeos se deve a fatores como: a) competição entre aminoácidos com moléculas estruturalmente relacionadas pelo mesmo carreador. Assim, a absorção de alguns aminoácidos pode ser inibida por outros, como, por exemplo, o triptofano inibe a absorção de histidina e a leucina diminui a absorção de isoleucina, fenilalanina e triptofano; b) o transporte de aminoácidos é facilmente saturável, pois, depende de carreadores que são específicos para aminoácidos neutros, básicos e ácidos; c) enquanto os aminoácidos livres parecem ser mais rapidamente absorvidos apenas no delgado proximal, os di- e tripeptídeos o são tanto na porção proximal, quanto distal do delgado; d) em quantidades equivalentes de di-tripeptídios e misturas de aminoácidos livres, os di- e tripeptídeos apresentam velocidade de absorção mais rápida (10 vezes maior) (Grimble e Silk, 1989; Frenhani e Burini, 1999; Ronnestad e Moraes, 2008).

A digestibilidade *in vivo* de hidrolisado proteico de pescado ainda é raramente avaliada, no entanto a digestibilidade *in vitro* mostra resultados ligeiramente menores ao do encontrado no presente trabalho. Abdul-Hamid et al. (2002), relatam valores de 92,1% de digestibilidade da proteína, Hevroy et al. (2005), encontraram valores de 95% de matéria seca, 98% de energia bruta e 91% de lipídeos e Foh et al. (2011), mencionam valores de 93,2% de digestibilidade da proteína.

Estudos anteriores demonstraram que dietas suplementadas com hidrolisado proteico de pescado podem melhorar o desempenho produtivo de diversas espécies de peixes em fases iniciais de vida (Berge e Storebakken, 1996; Carvalho et al., 1997; Olivia-Teles et al., 1999; Refstie et al., 2004; Macedo-Viegas et al., 2004; Aksnes et al., 2006; Kotzamanis et al., 2007; Tang, et al., 2008; Chotikachinda et al., 2013). Neste estudo, o crescimento de larvas de tilápia do Nilo foi melhorado com a suplementação do HPRP com diferentes níveis de inclusão às dietas basais.

As principais causas dos efeitos positivos do HPRP sobre os peixes são a melhora da palatabilidade e alta digestibilidade da proteína, estimulando enzimas digestivas e canalizando nutrientes para produção de biomassa (Cahu et al. 1999; Oliva-Teles et al. 1999; Hevroy et al. 2005; Aguila et al. 2007; Zheng et al. 2012). Para peixes de água doce, assim como espécies marinhas, os melhores resultados foram obtidos usando um nível moderado de hidrolisado (Gomes et al., 1995; Cahu et al., 1999, Refstie et al., 2004; Kotzamanis et al., 2007). Segundo Adler-Nissen (1984), Hevroy et al. (2005) e Tao et al. (2010), inclusão de HPP acima de 50% pode ocasionar diminuição do consumo de ração, causado por mudança na palatabilidade do HPRP, criado por peptídeos de sabor amargo ou compostos lipídicos rançosos, reduzindo o consumo de ração e crescimento do animal.

Berge e Storebakken (1996) mencionaram efeito positivo sobre a taxa de crescimento e peso final de juvenis de salmões alimentados com a inclusão de 5 a 8% de hidrolisado

proteico. Do mesmo modo, Zheng et al. (2011), observaram que linguado alimentado com 3,7% de hidrolisado proteico apresentou melhor crescimento e eficiência alimentar.

Conclusão

Os coeficientes de digestibilidade aparente e a energia digestível permitem inferir que o hidrolisado proteico de resíduo da industrialização da tilápia e sardinha pode ser eficientemente utilizado pela tilápia do Nilo, onde os níveis de suplementação estudados não prejudicaram o seu desempenho zootécnico, o qual se recomenda a inclusão de 4,77% deste produto para o melhor desenvolvimento do animal nesta fase.

Referências

- ABDUL-HAMID, A.; BAKAR, J.; BEE, G. H. Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Food Chemistry**, v.78, p.69-74, 2002.
- ABERT, T.; KNEIFEL, W. Physicochemical and functional properties of casein hydrolysates obtained by treatment with different enzymes. In: IDF (Inter. Dairy Fed.) Sem. Prot. Fat glob modif., 1993, P, 97-105.
- ABIMORAD, E. G.; STRADA, W. L.; SCHALCH, S. H. C.; GARCIA, F.; CASTELLANI, D.; MANZATTO, M. R. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.519-525, 2009.
- ADLER-NISSEN, J. **Enzymatic Hydrolysis of Food Proteins**. New York, NY: Elsevier Appl. Sci. Publ.; 1986.
- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. et al. Replacement of fish meal in diets for australian silver perch, Bidyanus: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293-310, 2000.
- AKSNES, A.; HOPE, B.; JÖNSSON, E.; BJÖRNSSON, B.T.; ALBREKTSEN, S. Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization. **Aquaculture**, v.261, p.305-317, 2006.
- ANGGAWATI, A. M.; MURTINI, J. T.; HERUWATI, E. S. **The use of hydrolyzed protein concentrate in practical diets for *Penaeus monodon* juveniles**. Research Report. Research Institute for Fish Technology. Palmerah Jakarta, 1990. 12p.
- ANUALPEC. O desenvolvimento recente da aquicultura brasileira. In: **FNP consultoria e agroinformativos**. ANULPEC 2005. São Paulo: Instituto FNP, 2005. 252-256p.

ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage - a review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, p.879-886, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 18.ed. Gaithersburg, M.D, USA, 2005.

AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. **Aquaculture**, v.13, p.265-272, 1978.

BAGNI M.; ARCHETTI, L.; AMADORI, M.; MARIN, G. Effect of long-term oral administration of an immunostimulant diet on innate immunity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Journal of Veterinary Medicine**, v.47, p.745–751, 2000.

BARBOSA, A.C. A. **A Criação de Tilápias em gaiolas**. EMPARN-Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova-RN. 2007.

BARRIAS, C.; OLIVA-TELES, A. The use of locally produced fish meal and other dietary manipulations in practical diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture**, v.31, p.213-218, 2000.

BENJAKUL, S.; MORRISSEY, M. T. Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. **Journal of agriculture & food chemistry**, v.45, p. 3432-3430, 1997.

BERTOL, T. R; MORAES, N.; LUDKE, J. V. FRANKE, M. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 150-157, 2001.

BEZERRA, R. S.; SANTOS, J. F.; PAIVA, P. M. G.; CORREIA, M. T. S.; COELHO, L. C. B. B. ; VIEIRA, V. L. A. ; CARVALHO, J. R. L. B. Partial purification and characterization of thermostable trypsin from pyloric caeca of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Journal Food Biochemistry**, v.25, p.199-210, 2001.

BEYOND, R.; BOND, J. S. **Proteolytic enzymes**. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2001, 340p.

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, n. 53, p. 145-155, 1995.

BOGWALD, J.; DALMO, R.; LEIFSON, R. M.; STENBERN, E.; GILDBERG, A. The stimulatory effect of a muscle protein hydrolysate from Atlantic cod, *Gadus morhua* L. on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., head kidney leucocytes. **Fish Shellfish Immunol**, v.6, p.3-16, 1996.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.20-30, 2004.

BORGESON, T.L.; RACZ, V.J.; WILKIE, D.C.; WHITE, L.J.; DREW, M.D. Effect of replacing fishmeal and oil with simple or complex mixtures of vegetable ingredients in diets feed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 141-149, 2006.

BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. **Aquicultura. Uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos ambientais, 2003. 128p.

BOSCARDIN, N.R. A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R., SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/FAO, 2008, 27-72.p.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, p.539-545, 2002.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM Gráfica & Editora. 2007. 117p.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1391-1396, 2001.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A. A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, v.38, p.2579-2586, 2008.

BOZA, J. J.; MOËNNOZ, D.; VUICHOUD, J.; JARRET, A. R.; GAUDARD-DE-WECK, D.; BALLÈVRE, O. Protein hydrolysate vs free amino acid-based diets on the nutritional recovery of the starved rat. **European Journal of Nutrition**. v. 39, p. 237-243, 2000.

BUENO-SOLANO, C.; LOPEZ-CERVANTES, J.; CAMPAS-BAYPOLI, O. N.; LAUTERIO-GARCIA, R.; ADAN-BANTE, N.P.; SANCHEZ-MACHADO, D.I. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. **Food Chemistry**, v.112, p.671–675, 2009.

BUYUKCAPAR, H. M.; ATALAY, A.; KAMALAK, A. Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed with Diets Containing Different Levels of Hydrolysable and Condensed Tannin. **Journal of Agricultural Science and Technology**, vol. 13, p.1045-1051, 2011.

BREMER-NETO, H.; GRANER, C. A. F.; PEZZATO, L. E.; PADOVANI, C.; PADOVANI, C. R.; CANTELMO, O. A. Diminuição do Teor de Óxido de Crômio (III) Usado como Marcador Externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.249-255, 2003.

CAHU, C.L.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; QUAZUGUEL, P. Protein hydrolysate vs. Fish mael in compound diets for 10-day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. **Aquaculture**, v.171, p.109-119, 1999.

CAPOBIANGO, M.; BIZZOTTO, C. S.; BIASUTTI, E.A.R.; SILVESTRE, M.P.C. Action of pepsin on emulsifying properties of globin. **International Journal of Food Properties**, v.9, p.357-364, 2006.

- CARVALHO, E.D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. Relatório Científico (FAPESP). Botucatu, SP. 2006. 46p.
- CARVALHO, A.P.; ESCAFFRE, A.M.; OLIVA-TELES, A.; BERGOT, P. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. **Aquaculture International**, v.5, p. 361-367, 1997.
- CAVALHEIRO, J. M. O.; SOUZA, E. O.; BORA, P. S. Utilization of shrimp industry waste in the formulation tilápia (*Oreochromis niloticus*) fry. **Bioresource Technology**, v. 98, n.3, p. 602-606, 2007.
- CENTENARO, G. S.; MELLADO, M. S. Influência das concentrações de enzima e de substrato no grau de hidrólise e no conteúdo protéico de hidrolisados enzimáticos de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.26, p. 61-70, 2008.
- CENTENARO, G. S.; PRENTICHE-HERNANDEZ, C.; SALAS- MELLADO, M., NETTO, F. M. Efeito da concentração de enzima e de substrato no grau de hidrólise e nas propriedades funcionais de hidrolisados proteicos de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química nova**, v.32, p.1792-1798, 2009.
- CHALAMAIAH, M.; KUMAR, D. B.; JYOTHIRMAYI, H. R. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. **Food Chemistry**, v.135, p.3020-38, 2012.
- CHALAMAIAH, M.; BALASWAMY, K.; NARSINGRAO, G.; PRABHAKARA-RAO, P.G.; JYOTHIRMAYI, T. Chemical composition and functional properties of mrigal (*Cirrhinus mrigala*) egg protein concentrates and their application in pasta. **Journal of Food Science and Technology**, v.50, p.512-520, 2013.
- CHOI, Y. J.; HUR, S.; CHOI, B. D.; KONNO, K.; PARK, J. W. Enzymatic hydrolysis of recovered protein from frozen small croaker and functional properties of its hydrolysates. **Journal of Food Science**, v.74, p.17-24, 2009.
- CHO, C.Y.; COWEY, C.B.J; WATANABE, T. **Finnfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC. 1985. 154p.
- CHOBERT, J-M.; SITOHY, M. Z.; WHITAKER, J. R. Solubility and emulsifying properties of caseins modified enzymatically by *Staphylococcus aureus* V8 protease. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, p.220-224, 1988.
- CHOUBERT, G.; DE-LA-NOUE, J.; LUQUET, P. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. **Progressive Fish-Culturist**, v.41, p.91-97, 1979.
- CHOTIKACHINDA, R.; TANTIKITTI, C.; BENJAKUL, S.; RUSTAD, T.; KUMARNSIT, E. Production of protein hydrolysates from skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera as feeding attractants for Asian seabass (*Lates calcarifer*). **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.773-784, 2013.

CORTEZ, G.E.P., DE ARAÚJO, J.A.C., BELLINGIERI, P.A., DALRI, A.B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.494–498, 2009.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.

DAIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2006.106.196p.

DAVIES, S. J.; MORRIS, P. C.; BAKER, R. T. M. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v. 28, p.317-328, 1997.

DEGANI, G.; YEHUDA, Y.; VIOLA, S. The digestibility of nutrients sources for common carp, *Cyprinus carpio*. **Aquaculture Research**, v.28, p.575-580, 1997.

DOMADORAN. Aminoácido, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. I.; FENNEMA, O. F. **Química de alimentos de Fennema**. 4ªed. Artmed: São Paulo, 2010. p.179-262.

DONG, F. M.; FAIRGRIEVE, W. T.; SKONBERG, D. I.; RASCO, B. A. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacteria ensiled salmon viscera. **Aquaculture**, v.109, p.351-366, 1993.

DUARTE, A. J.; CARREIRA, R. L.; JUNQUEIRA, R. G.; COELHO, J. V.; SILVESTRE, M. P. C. Propriedades emulsionantes e solubilidade da caseína bovina e de seus hidrolisados tripticos: efeito da adição de NaCl . **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, p.302-308, 1998.

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

EUCLYDES, R.; ROSTAGNO, H. S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Biolatina, 2001. p.77-88.

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavento & Britski, 1988). **Acta Scientiarum**, v.23, p.835-840, 2001.

FABREGAT, T. H. P.; PEREIRA, T. S.; BOSCOLO, C. N.; ALVARADO, J. D.; FERNANDES, J. B. K. Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para juvenis de curimba. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.37, p.289 – 294, 2011.

FAIRCLOUGH, P. D.; HEGARTY, J. E.; SILK, B. A.; CLARK, M. L. Comparison of the absorption of two protein hydrolysates and their effects on water and electrolyte movements in the human jejunum. **Gut**, v.4, p.829-834, 1980.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L. I; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.14, p.669–677, 2010.

FOH, M. B. K.; KAMARA, M. T.; AMADOU, I.; FOH, B. M.; WENSHUI, X. Chemical and physicochemical properties of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish protein hydrolysates and concentrate. **International Journal of Biological Chemistry**, v.5, p.21–36, 2011.

FOH, M.B.K., M.T. KAMARA, I. AMADOU, B.M.; Wenshui, X. Chemical and physicochemical properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish protein hydrolysate and concentrate. **International Journal of Biological Chemistry**, v.5, p.21-36, 2011.

FONKWE, L. G.; SINGH, R. K. Protein recovery from mechanically deboned turkey residue by enzymatic hydrolysis. **Process Biochemistry**, v.31, p.605, 1996.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, 2009. 230p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, 2012. 230p

FRANCIS, G.; MAKKAR, H P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-227, 2001.

FRENHANI, P.B.; BURINI, R.C. Mecanismos de ação e controle da digestão de proteínas e peptídios em humanos. **Arq Gastroenterol**, v.36, p.139, 1999.

FRENHANI, P. B.; BURINI, R. C. Mecanismos de absorção de aminoácidos e oligopeptídios. Controle e implicações na dietoterapia humana. **Arq Gastroenterol**, v.36, p. 227-237, 1999.

FURLAN, E. F.; OETTERER, M.; Hidrolisado protéico de pescado. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.10, p.79 -89, 2002.

FURLAN, A. C.; FRAIHA, M.; SCAPINELLO, C.; MURAKAMIE, A. E.; MOREIRA, I. Substituição do farelo de soja por hidrolisado protéico de raspa de couro em rações de coelhos em crescimento. **Revista UNIMAR**, v.19, p.905-912, 1997.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S.; BOTARO, D.; SILVA, L. C. R.; AURESCO, S. A. Farelo de soja integral em rações para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Animal Sciences**. v. 26, p.203-207, 2004.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; FURUYA, V. R.; BARROS, M. M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela

tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, v.23, p.465-469, 2001.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1143-1149, 2001.

GAYLORD, T.G.; BARROWS, F.T. Multiple amino acid supplementation to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mikiss*, feeds. **Aquaculture**, v.287, p.180-184, 2009.

GALDIOLI, E. M.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; NAGAE, M. Y. Diferentes fontes protéicas na alimentação de alevinos de curimba (*Prochilodus lineatus*, V.). **Acta Scientiarum**, v.22, n.2, p.471-477, 2000.

GILDBERG, A.J. Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage: fish feed and fish sauce production. In: **Proceedings of the First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference – TAFT, June 10–14**, Reykjavik, Iceland: The Icelandic Fisheries Laboratories, 2003, 328–331p.

GILDBERG, A. Enzymic processing of marine raw materials. **Process Biochemistry**, v.28, p.1-15, 1993.

GOLDHOR, S. H.; REGENSTEIN, J. M. Fisheries products: a selective update and review. **Foodstuffs**, 1988, 60, 14-16.

GOMES, E.F.; REMA, P.; GOUVEIA, A.; OLIVA-TELES, A.. Replacement of fish meal by plant proteins in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effect of the quality of the fishmeal based control diets on digestibility and nutrient balances. **Water Science and Technology**, v.31, 1995. p. 205–211.

GONZALEZ-TELLO, P.; CAMACHO, F.; JURADO, E.; PAEZ, M. P.; GUADIX, E. M. Enzymatic hydrolysis of whey proteins: II. Molecular-weight range. **Biotechnology and Bioengineering**, v.44, p.529-532, 1994.

GRAZZIOTIN, A.; PIMENTEL, F. A.; DE-JONG, E. V.; BRANDELLI, A. Poultry feather hydrolysate as a protein source for growing rats. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, p.61-67, 2008.

GRIMBLE, G.K.; KEOHANE, P.P.; HIGGINS, B.E.; KAMINSKI Jr., M.V.; SILK, D.B.A. Effect of peptide chain length on amino acid and nitrogen absorption from two lactalbumin hydrolysates in the normal human jejunum. **Clinical Science**, v.71, p. 65-9, 1986.

GRIMBLE G. K.; SILK D.B. Peptides in human nutrition. **Nutrition Research Reviews**, 2:87, 1989.

HAJEN, W. E.; BEAMES, R. M.; HIGGS, D. A.; DOSANJH, B. S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture**, v.113, p.333-348. 1993.

HALVER, J.E. **Fish nutrition**. San Diego Academic Press. 1989. 798p.

HAN, T.; WANG, J. T.; WANG, Y.; TIAN, X. L.; LIU, Y. J. Effect of different fish protein hydrolysate (FPH) level of dietary supplements on growth and body composition of larvae of cobia (*Rachycentron canadum*). **Acta Hydrobiologica Sinica**, v.4, p.94-101, 2010.

HARDY, R.W.; BARROWS, F.T. Diet formulation and manufacture. In: HALVER, J. E.; Hardy, R.W. **Fish Nutrition**. 3^{ed}. London:Academic, 2002. p.505-600.

HARDY, R.W. Fish hydrolysates: production and use in aquaculture feeds. Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. American Soybean Association, Singapore, p. 109-115, 1991.

HAZIN, F. H. V. A pesca na zona econômica exclusiva, zee: sua importância para o Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.1, p.10-18, 2006.

HEVROY, E. M.; ESPE, M.; WAAGB, O. R.; SANDNES, K.; RUUD, M.; HEMRE, G. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.301-313, 2005

HERNÁNDEZ, C.; OLVERA-NOVOA, M. A.; SMITH, D. M.; HARDY, R. W.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, B. Enhancement of shrimp *Litopenaeus vannamei* diets based on terrestrial protein sources via the inclusion of tuna by-product protein hydrolysates. **Aquaculture**, v.17, p.17-123, 2011.

HIGUERA, M. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J.A.E.; LABARTA, M. (Eds.) **Nutrición en acuicultura II**. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p.291-318.

HOLANDA, H. D. Hidrólise enzimática do resíduo do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e caracterização dos subprodutos. 2004. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HUSSAIN, S.M.; AFZAL, M; SALIM, M; JAVID, A; KHICHI, T.A.A; HUSSAIN, M; RAZA, S.A. Apparent digestibility of Fishmeal, bloodmeal and wheatmeal for *Labeo rohita* fingerlings. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v.21, p.807-811, 2011.

ISLAM, M. S.; KHAN, S.; TANAKA, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. **Marine Pollution Bulletin**, v.49, p.103-110, 2004.

KEKEZHENG; LIANG, M.; YAO, H.; WANG, J.; CHANG, Q. Effect of size-fractionated fish protein hydrolysate on growth and feed utilization of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture Research**, v.44, p.1-8, 2012.

KEOHANE, P.P.; GRIMBLE, G.K.; BROWN, B.; SPILLER, R. C. Influence of protein composition and hydrolysis method on intestinal absorption of protein in man. **Gut**, v.26, p.907 - 913, 1985.

KOTZAMANIS, Y.P., GISBERT, E., GATESOUBE, F.J., ZAMBONINO INFANTE, J.L., CAHU, C. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.147, p.205-214, 2007.

KOLKOVSKI, S.; TANDLER, A. The use of squid protein hydrolysate as a protein source in microdiets for gilthead sea bream *Sparus aurata* larvae. **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.11-15, 2000.

KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A.. Kinetics of the hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins by alkaline proteases and a visceral serine protease mixture. **Process Biochemistry**, v.36, p.131-139, 2000.

KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties. **Food Science and Nutrition**, v.32, p.1-39, 2000.

KOUSOULAKI, K.; RONNESTAD, I.; OLSEN.; RATHORE, R.; CAMPBELL, P.; NORDRUM, S.; BERGE, R. K.; MJOS, S. A.; KALANANTHAN, T.; ALBREKTSSEN, A. Krill hydrolysate free amino acids responsible for feed intake stimulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, v.19, p. 47-61, 2013.

KRISTINSSON, H. G. The production, properties, and utilization of fish protein hydrolysates. In: SHETTY, K.; PALIYATH, G.; POMETTO, A.; LEVIN, R. E. **Food Biotechnology**. New York: Taylor & Francis Group. 2006. p.1111-1133.

KROGDAHL, A.; LEA, T.B.; OLLI, J.J. Soybean proteinase inhibitors effect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.107, p.215-219, 1994.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento da produção comercial**. Jundiaí: Edição do Autor, 2000. 285p.

LAHL, W. J.; BRAUN, S. D. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. **Food Technology**, v.58, p.68-71, 1994.

LAW, A.T.; CHEAH, S.H.; ANG, K.J. An evaluation of the apparent digestibility of some locally available plants and a pelleted feed in three finfish in Malaysia. In: CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. (Eds.) **Finnfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC. 1985. p. 90-95.

LIAN, P.; LEE, C. M. Characterization of squid hydrolysates for its potential as aquaculture feed ingredient. In: **Proceedings of the First Joint Trans-Atlantic Fisheries Technology Conference – TAFT**. Iceland. The Icelandic Fisheries Laboratories. 2003, p.379-380.

LIANG, M.; WANG J.; CHANG, Q.; MAI, K...Effects of different levels of fish protein hydrolysate in the diet on the nonspecific immunity of Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvieret Valenciennes, 1828). **Aquaculture Research**, v.37, p.102-106, 2006.

LOVELL, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. Boston: Kluwer Academic Publishing, 1998. 267p.

MACEDO-VIEGAS, E. M.; PORTELLAC, M. C.; CARNEIRO, D. J. Utilization of Fish Protein Hydrolysate in Prepared Diets for Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Larvae. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 41, p.101-112, 2004.

MAHMOUD, M. I.; MALONE, W. T.; CORDLE, C. T. Enzymatic hydrolysis of casein: effect of degree of hydrolysis on antigenicity and physical properties. **Journal of Food Science**, v.57, p.1223–1229, 1992.

MARTINS, V.; GUIMARÃES, C.; VIEIRA, J. A.; HERNANDEZ, C. P. Hidrolisado protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Quimica Nova**, vol. 32, p.61-66, 2009.

MARTONE, C.B.; BORLA, O.P.; SÁNCHEZ, J.J. Fishery by-product as a nutrient source for bacteria and archaea growth media. **Bioresource Technology**, v.96, p.383-387, 2005.

MATOS, A. L. Tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual Do meio Ambiente. Viçosa, 2005.34p.

MATOS, A. T. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Viçosa: AEAGRI. 136 p., 2004 (Série Cadernos Didáticos, 38).

MAZORRA-MANZANO, M. A.; PACHECO-AGUILAR, R.; RAMIREZ-SUAREZ, J. C.; GARCIA-SANCHEZ, G.; LUGO-SANCHEZ, M. E. Endogenous proteases in Pacific Whiting (*Merluccius productus*) muscle as a processing aid in functional fish protein hydrolysate production. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, p.130-137, 2012.

MINAGAWA, E.; KAMINOGAWA, S.; TSUKASAKI, F.; YAMAUCHI, K. Debittering mechanism in bitter peptides of enzymatic hydrolysates from milk casein by aminopeptidase T. **Journal of Food Science**, v.54, p.1225-1229, 1989.

Ministério da Pesca e aquicultura (MPA). **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2010. 129p.

MORAIS, H. A.; MARCO, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; SILVESTRE, M. P. Casein hydrolysates using papain: peptide profile and encapsulation in liposomes. **Acta Alimentaria**, v. 34, p. 59-69, 2005.

MORAIS, H. A.; DE MARCO, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; SILVESTRE, M. P. Casein hydrolysates using papain: peptide profile and encapsulation in liposomes. **Acta Alimentaria**, v.34, p.59-69, 2005.

MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W. S.; SILVA, J. V.; SOUZA, V. R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.521-526, 2007.

MUZAIFA, M.; SAFRIANI, N.; ZAKARIA, F. Production of protein hydrolysates from fish by-product prepared by enzymatic hydrolysis. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation**, v.5,p.36-40, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. The national academies press, Washington, 2011, 379p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestics animals**. Washington: National Academy Press, 1993. 114p.

NAYLOR, R.L.; HARDY, R.W.; BUREAU, D.P.; CHIU, A.; ELLITT, M.; FARRELL, A.P.; FOSTER, I.; GATLIN, D.M.; GOLDBURG, R.J.; HUA, K.; NICHOLS, P.D. Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v.36, p.15103-1511, 2009.

NILSANG, S.; LERTSIRI, S.; SUPHANTHARIA, M.; ASSAVANIG, A. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. **Journal of Food Engineering**, v.70, p.571-578, 2005.

NIU, J.; ZHANG, Y. Q.; LIU, Y.J.; TIAN, L. X.; LIN, H. Z.; CHEN, X.; YANG, H. J.; LIANG, G. Y. Effects of graded replacement of fish meal by fish protein hydrolysate on growth performance of early post-larval Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone). **Journal of Applied Animal Research**. v. 19, 2013.

NORGAAR, J. V.; BLAABJERG, D. K.; POULSEN, H. D. Salmon protein hydrolysate as a protein source in feed for young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.177, p.124-129. 2012.

NOSE, T. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout. **Bulletin Freshwater Fish**, v.17, p.97-105, 1967.

NUNES, S. B. Estabelecimento de um plano de análise de perigo e pontos críticos de controle (APPCC) para Peixe-Sapo (*Lophius piscatorius*) eviscerado e congelado. 2001. 121p. (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVA-TELES, A.; CERQUEIRA A.L.; GONÇALVES, P. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. **Aquaculture**, v.179, p.195-201, 1999.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; FRACALLOSSI, D. M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.1581-1587, 2006.

OLIVEIRA, R. C.O Panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox deToxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, p.71-89, 2009.

OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J.R., SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/FAO, 2008. 276p.

- OVISSIPOUR, M.; ABEDIAN-KENARI, A.; MOTAMEDZADEGAN, A.; NAZARI, R. M. Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*). **Food and Bioprocess Technology**, v.5, p.696-707, 2010.
- OVISSIPOUR, M.; SAFARI, R.; MOTAMEDZADEGAN, A.; SHABANPOUR, B. Chemical and biochemical hydrolysis of persian sturgeon (*Acipenser persicus*) visceral protein. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, p.460-465, 2012.
- OSO, J. A.; AYODELE.; FABBUARIO, O. Food and Feeding Habits of *Oreochromis niloticus* (L.) and *Sarotherodon galilaeus* (L.) in a Tropical Reservoir. **World Journal of Zoology** v.1, n.2, p.118-121, 2006.
- PACHECO-AGUILAR, R.; MAZORRA-MANZANO, M. A.; RAMIREZ-SUAREZ, J. C. Functional properties of fish protein hydrolysates from Pacific whiting (*Merluccius productus*) muscle produced by a commercial protease. **Food Chemistry**, v.109, p.782-789, 2008.
- PASUPULETI, V. K.; HOLMES, C.; DEMAINE, A. L. Applications of protein hydrolysates in biotechnology. In: VIJAI K. PASUPULETI, A. L. DEMAINE. **Protein Hydrolysates in Biotechnology**. New York: Springer, 2010. p.1-10.
- PASUPULETI V. K; BRAUN S.. State of the art manufacturing of protein hydrolysates. In: PASUPULETI VK, DEMAINE AL. **Protein hydrolysates in biotechnology**. New York: Springer Dordrec. 2010, p.11-32.
- PERCIVAL, S.B.; LEE, P.S.; CARTER, C.G. Validation of a technique for determining apparent digestibility in large (up to 5 kg) Atlantic salmon *Salmo salar* L. in seacages. **Aquaculture**, v.201, p.315-327, 2001.
- PEREIRA, T. G.; OLIVA-TELES, A. Evaluation of micronized lupin seed meal as an alternative protein source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. **Aquaculture**, v.35, p.828-835, 2004.
- PESSATTI, M. L. **Aproveitamento dos subprodutos do pescado: meta 11**. Santa Catarina: Universidade do Vale do Itajaí, (Relatório final de ações prioritárias ao desenvolvimento da pesca e aquicultura no sul do Brasil, convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA). 2001.
- PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.43-51, 2009.
- PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1595-1604, 2002.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. In: CYRINO, E.; URBINATI, E.; FRACALOSSI, D.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, São Paulo: Aquabil, 2004. p.75-172.

PIMENTA, M. E. S. G.; FREATO, T. A.; DE OLIVEIRA, G. R. Silagem de pescado: uma forma interessante de aproveitamento de resíduos do processamento de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, p.592-598, 2008.

PLANCKEN, I. V. D.; REMOORTERE, M. V.; INDRAWATI, A. V. L.; HENDRICKX, M. E. Heat-induced changes in the susceptibility of egg white proteins to Enzymatic hydrolysis: a kinetic study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.3819-3823, 2003.

PROENÇA, E. C. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 195p.

RANA, K. J. Trends in global production, 1984-1995. In: **Review of the state of world aquaculture**. FAO Fisheries Circular 886. Revista. FAO. Rome. 1997, p. 3-6.

RAKSAKULTHAI, R.; HAARD, N. F. Exopeptidases and their application to reduce bitterness in food: a review. **Critical Reviews in Food and Nutrition**, v.43, p.401-445, 2003.

RANDRIAMAHATODY, Z.; SYLLA, K. S. B.; NGUYEN, H. T.M.; DONNAY-MORENO, C.; RAZANAMPARANY, L.; BOURGOUGNON, N.; BERGÉ J. P. Proteolysis of shrimp by-products (*Penaeus monodon*) from Madagascar CyTA . **Journal of Food November**, v.9, p. 220-228. 2011.

REBOUÇAS, M. C.; RODRIGUES, M. C. P.; CASTRO, R. J. S.; VIEIRA, J. M. M. Caracterização do concentrado protéico de peixe obtido a partir dos resíduos da filetagem de tilápia do Nilo. **Semina: Ciências Agrárias**. v.33, p.697-704, 2012.

REFSTIE, S.; OLLI, J. J.; STANDAL, H. Feed intake, growth, and protein utilization by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. **Aquaculture**, v. 239, p. 331–349, 2004.

RERAT, A. A. Nutritional supply of proteins and absorption of their hydrolysis products: consequences on metabolismo. **Society for Nutrition**, v. 52, p. 335-344, 1993.

RONNESTAD, I.; MORAIS S. DIGESTION. In: R.N. Finn, B.G. Kapoor. Fish larval physiology. Science Publishers: USA. p. 741. 2008

SAHA, B. C.; HAYASHI, K. Research review paper Debittering of protein hydrolysates. **Biotechnology Advances**, v.19, p.355-370, 2001.

SALES, J.; BRITZ, P. J. Apparent true availability of amino acids fro, common feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae*). **Aquaculture**, v.9, p.55-64, 2003.

SADIKU, S. O. E.; JUANCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat meal blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. **Aquaculture Research**, v.26, p.651-657, 1995.

SAMPAIO, F. G. et al. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray-dried*, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v.23, p.891-896, 2001.

SAMPAIO, F. G.; HISANO, H.; YAMAKI, R. A.; KLEEMANN, G. K.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray-dried*, pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v.23, p.891-896, 2001.

SATHIVEL, S.; BECHTEL, P. J.; BABBITT, J.; SMILEY, S.; CRAPO, C.; REPPOND, K. D.; PRINYAWIWATKUL, W. Biochemical and functional properties of Herring (*Clupea harengus*) byproduct hydrolysates. **Journal of Food Science**, v.68, p.2196-2200. 2003.

SATHIVEL, S.; SMILEY, S.; PRINYAWIWATKUL, W.; BECHTEL, P. J. Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. **Journal of Food Science**, v.70, p.401-406, 2005.

SCHULZ, C.; WICKERT, M.; KIJORA, C.; OGUNJI, J.; RENNERT, B. Evaluation of pea protein isolate as alternative protein source in diets for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 537-545, 2007.

Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP). Disponível em http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/. Acesso em 1 de junho de 2012.

SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Produção de Silagem Química com Resíduos de Pescado Marinho. **Brazilian Journal Food Technology**, v.6, p.333-337, 2003.

SILVA, J. F. X. **Produção e caracterização de hidrolisado protéico provenientes de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2010, 75p. Dissertação - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SILVA, G. G. H.; CAMARGO, A. F. M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**, v.24, p.519-526, 2002

SILVA, T. S.; FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G.; BOTARO, D.; SILVA, L. C.; SALES, P. J.; HAYASHI, C.; SANTOS, L. D.; FURUYA, V. R. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de soja integral sem e com fitase para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**. v.27, p.371-376, 2005.

SILVESTRE, M. P. C., HAMON, M.; YVON, M. Analyses of protein hydrolysates. 1. Use of poly (2-hydroxyethyl-aspartamide)-silica column in size-exclusion chromatography for the fractionation of casein hydrolysates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p.2778-2782, 1994.

SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Villus height and gut development in weaned piglets receiving diets containing either glucose, lactose or starch. **British Journal of Nutrition**, v.90, p.907-13, 2003.

STEVANATO, F. B.; COTTICA, S. M.; PETENUCCI, M. E.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Evaluation of processing, preservation and chemical and fatty acid composition of Nile tilapia waste. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 34, p.373–383, 2010.

STROHER, R.; NETO, A. A.M.; PEREIRA, N. C.; ZANIN, G.M. Bitterness Reduction in Soybean Meal Hydrolysate Using Activated Charcoal. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v.1, p.19-21, 2012.

SUCASAS, L. F. A. Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SYNOWIECKI, J.; JAGIELKA, R.; SHAHIDI, F. Preparation of hydrolysates from bovine red blood cells and their debittering following plastein reaction. **Food Chemistry**, v.57, p.435-439, 1996.

SYNOWIECKI, J.; AL-KHATEEB, N.A.A.Q. The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp *Crangon crangon* processing discards. **Food Chemistry**, v.68, 147-152. 2000.

TACON, A. G. J. **Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feed stuffs**. FAO Fisheries Circular No.856, Rome. 1993.64p.

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.

TAHERI, A.; ANVAR, S.A.A.; AHARI H.; FOGLIANO, V. Comparison the functional properties of protein Hydrolysates from poultry byproducts and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) viscera. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v.12, p.154-169, 2012.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; SOUSA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. R. **Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2099-2105, 2009.

TANG, H.; WU, T.; ZHAO, Z.; PAN, X. Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). **Journal of Zhejiang University**, v.9, p.684-690, 2008.

TOYAMA, G. M.; CORRENTE, J. D.; CYRINO, J. E. Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.221-228, 2000.

TUCKER, J. L.; NARANJO, V. D.; BIDNER, T. D.; SUL, E. L. L. Effect of salmon protein hydrolysate and spray-dried plasma protein on growth. **Journal of animal Science**, v.7, p. 1466-1473, 2011.

VANDENBERG, G. W.; DE-LA-NOÛE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. **Aquaculture Nutrition**, v. 7, n. 4, p. 237-245, 2001.

VIDAL JUNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2000. 96p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Vicosa, Vicosa.

VIANA, F.R.; DELVIVO, F.M. ; BIZZOTTO, C. S.; SILVA, V.D.M.; SILVESTRE, M.P.C. Quality of ham pâté incorporated of bovine globin and plasma as fat replacers. **Meat Science**, v.70, p.153-160, 2005.

VIANA, F.R.; BIZZOTTO, C.S.; DIAS, D. R. ; SILVESTRE, M.P.C. Effect of different parameters on the quality of meat emulsions. *Food Technol. Biochem.*, v.42, p.5-10, 2004.

VON SPERLING, M. Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria. Brasília: ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, 92 p. 1996.

WASSWA, J.; TANG, J.; GU, X. Optimization of the production of hydrolysates from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin using Alcalase. **Journal of Food Biochemistry**, v.32, p.460–473, 2008.

WATANABE, T.; OHTA, M. Digestible and metabolizable energy of various diets for carp and rainbow trout. **Fisheries Science**, v.61, p.215-222, 1995.

WINDELL, J.T.; FOLTZ, J.W.; SAROKAN, J.A. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. **Progressive Fish Culturist**, v.49, p.51 –55, 1978

WILSON, R.P., D.W. FREEMAN, W.E. POE. Three types of catfish offal meals for channel catfish fingerlings. **Prog.Fish Cult.** v. 46, p.126-132, 1984.

YIN, H.; PU, J.; WAN, Y.; XIANG, B.; BECHTEL, P. J.; SATHIVEL, S. Rheological and functional properties of Catfish skin protein hydrolysates. **Journal of Food Science**, v.75, p.11-17, 2010.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural dos peixes**. Maringa: EDUEM, 1996. 129p.

ZAVAREZE, E. R.; SILVA, C.M.; MELLADO, M.S.; PRENTICE HERNÁNDEZ, C. Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. **Química Nova**, v.32, p.1739-1743, 2009.

ZHANGHI, B. M.; MATTHEWS, J. C. Physiological importance and mechanisms of protein hydrolysate absorption. In: PASUPULETI, V. K.; DEMAINE, A. L. **Protein hydrolysates in Biotechnology**. Springer: New York, 2010, p.175-178.