**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho produtivo e composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N no
tecido muscular de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)
alimentada com diferentes fontes protéicas**

Edvânia da Conceição Pontes

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2012**

Edvania da Conceição Pontes
Zootecnista

Desempenho produtivo e composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N no tecido muscular de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com diferentes fontes protéicas

Orientador:
Prof. Dr. **ADIBE LUIZ ABDALLA**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Tese apresentada para obtenção do título
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Pontes, Edvânia da Conceição

Desempenho produtivo e composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N no tecido muscular de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com diferentes fontes protéicas / Edvânia da Conceição Pontes. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.

133 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Alevinos 2. Dieta animal 3. Digestibilidade 4. Proteínas 5. Razão isotópica
6. Suplementos protéicos para animais 7. Tilápia do Nilo I. Título

CDD 639.31
P814d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À Deus primeiramente

*À meus queridos pais, Manoel
Cavalcante Pontes (in memoriam)
e minha amada mãe Maria José
da Conceição Pontes por todo
amor incondicional, pelo
ensinamento e educação; por me
apoíarem mesmo tendo que estar
distante*

É difícil dizer, adeus e partir

É difícil ver tudo findar

E os momentos que tivemos

Nunca mais vão voltar...

Mais difícil é o tempo apagar

E as lembranças vão ficar

Com a distância nos lembramos,

Do amor nos recordamos

E com gratidão nosso coração voltamos... A Deus

E nós meu pai podemos estar juntos um dia eu sei!

Ao meu pai dedico essas palavras

*Aos meus irmãos Denise da
Conceição Pontes, Edineide da Conceição
Pontes e José Everaldo Cavalcante Pontes, pelo
exemplo em minha infância e juventude, de
dedicação, amor, pelo incentivo e amizade,
todos esses anos*

*Ao meu orientador professor Adibe Luiz Abdalla,
por ser exemplo de simplicidade e reconhecer que somos,
acima de tudo, seres humanos*

*“Professor pela vida inteira eu vou
cultivar tudo o que você “plantou”
em minha alma de aprendiz:
que o saber é bom para servir,*

*Sei que tivemos poucos momentos de mestre e aprendiz, mas apenas
um minuto foi necessário para levar para o resto de minha vida seu
aprendizado. Amor, respeito, ética e profissionalismo”*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Á Deus SEMPRE,

Por ser minha fortaleza e meu porto seguro. Por permitir que eu chegasse até aqui, pois Ele sabe de todas as batalhas, derrotas e vitórias. Se hoje estou concluindo meu doutorado agradeço a Deus por permitir, pelas vezes que pensei em desistir e sua voz me conduzia a continuar. Por ser minha força, porque com Ele sou tudo e sem Ele não sou nada. Agradeço pelas pessoas que colocastes em meu caminho que serviram de instrumento de incentivo, amizade e amor por mim. Obrigada pelas pedras de tropeço que me fizeram ter novas maneiras de aprender a lidar com a vida, foi por meio destas pedras que amadureci e descobri que posso dar passos mais seguros e firmes em minha vida. Obrigada pela mulher que o Senhor tem me tornado e pela profissional que posso ser por meio de tantos ensinamentos e exemplos.

Uma **Tese** é resultado da dedicação de várias pessoas (alunos, estagiários, professores, familiares e amigos). Por isso, aqui estão alguns agradecimentos que deram sua contribuição, maior ou menor, para que este objetivo fosse atingido.

*Agradeço aos meus familiares: Meus pais **Manoel Cavalcante Pontes** (in memorian) e **Maria José da Conceição Pontes**; meus irmãos **Denise Pontes**, **Edineide Pontes** e **Everaldo Pontes**; minhas tias **Gilda Conceição** (in memorian) e **Carmelita Conceição**; sobrinhos **Vívian Pontes** e **Gustavo Pontes**. Pelo amor, compreensão, amizade e acima de tudo pelo respeito, apoio em todas as decisões que me levaram a chegar a minha maturidade. A minha família é benção do Senhor.*

À uma pessoa especial que juntos pudemos crescer e aprender com as adversidades e as conquistas. Algo que dificilmente poderia aprender se durante essa caminhada não o tivesse conhecido. Defendeu-me, amou-me e cuidou de mim nos momentos mais difíceis e importantes de minha vida. Obrigada por ter feito parte da minha história, mas a vida tem que seguir... Pois cada um carrega o dom de ser capaz... De ser feliz.

*"Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, pois cada pessoa é única
e nenhuma substitui outra.
Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, mas não vai só
nem nos deixa só.
Leva um pouco de nós mesmos,
deixa um pouco de si mesmo.
Há os que levam muito,
mas há os que não levam nada.
Essa é a maior responsabilidade de nossa vida,
e a prova de que duas almas
não se encontram ao acaso. "*

Antoine de Saint-Exupéry

*À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/Universidade de São Paulo/USP** - pela oportunidade de fazer parte de seu corpo discente pelo Programa de Pós – Graduação Ciência Animal e Pastagens.*

*Ao **CNPQ (Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico)**, pelo financiamento da bolsa de estudo, do qual nos deram oportunidade de concluir nossos trabalhos e ajudar em parte da tese.*

*Ao meu orientador, professor **Dr. Adibe Luiz Abdalla**, por tudo que fez por mim, pelo seu sim e seus ensinamentos, segurança e por toda confiança e apoio. Pelo financiamento de parte da pesquisa. Obrigada pelo exemplo de profissional que quero ser e por fazer acreditar em mim novamente e pela nova amizade.*

*Ao professor **Dr. Elton Lima Santos**, pelo apoio na condução dos experimentos, pela amizade e profissionalismo. Agradeço pela ajuda nas correções dos artigos, intervenções na correção da tese.*

*Ao professor **Dr. Marcelo Zacharias Moreira**, pela amizade e profissionalismo. Agradeço pela credibilidade, motivação, convivência, orientação e ajuda nas correções dos trabalhos e intervenções na correção da tese.*

*Ao professor **Dr. Antônio Celso Pezzato** da UNESP/Botucatu, pelo profissionalismo, apoio, aprendizado e mais um exemplo a ser seguido em minha vida acadêmica. Obrigada por todas as sugestões na banca de qualificação para crescimento da tese e pelas palavras de incentivo.*

*Ao professor **Dr. José Cleto da Silva Filho** (UFLA) pelo profissionalismo, sugestões na banca de qualificação para crescimento da tese e amizade desde meu mestrado na UFLA.*

*À **CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e Parnaíba)**, em especial aos Engenheiros de Pesca **Álvaro Albuquerque, Alexandre e Kley Lustosa**, por todo apoio na condução do experimento de digestibilidade e no fornecimento de pós-larvas e juvenis da espécie de estudo (*Oreochromis niloticus*).*

Ao **grupo LANA do Centro de Energia Nuclear em Agricultura (CENA)**, por toda recepção e aceitação de uma nova integrante, pelo carinho, companheirismo e pelos trabalhos em equipe com os ovinos no biotério e nas análises bromatológicas.

Ao prof. **Dr. Helder Louvandini** por toda atenção e colaboração em nosso estudo.

A professora **Rosangela Kiyoko Jomori Bonichelli** por toda atenção e colaboração nas correções e sugestões, enriquecendo assim, nosso trabalho.

Aos técnicos do LANA **Regina Peçanha, Lécio Castilho e Joaquim Everaldo M. Santos** por toda atenção, ajuda nas análises e amizade.

A Yosra Soltan e Ronaldo Carlos Lucas pela amizade durante meu doutorado junto ao grupo LANA. Com vocês pude ter algo simples, que devido a sua simplicidade em um ambiente de trabalho às vezes torna-se difícil a AMIZADE. Mesmo trabalhando em áreas diferentes e línguas diferentes, diga-se de passagem, “arabiguês” mistura de árabe, com inglês e português é complicado quando não se tem tanto carinho, companheirismo e respeito. Amo vocês por proporcionarem momentos felizes no laboratório e fora dele também, nossos cafezinhos, jantares, conversas de descontração, reflexão e crescimento. Ronaldinho você é alegria do nosso grupo, igual a uma mãe que sai logo agregando a quem quer que chegue ao LANA. Agradeço por conhecido vocês. Amo vocês viu!

Aos colegas e amigos da Pós-graduação do grupo LANA: **Amr Salah, Ana Cláudia Koki, Aline Campeche, Alessandra Romero, Bernardo, Fernanda campos, Gisele Fagundes, Juliano Issakowicz, Lilia Raquel Fé (UFPI), Paulo Tavares, Patrícia Pimentel, Patrícia Godoy (pós-doutorado), Samy Emanuelle (UFPI), Tiago Paim**, pela amizade, pelo profissionalismo, respeito e companheirismo nos momentos de intervalo (cafezinho).

Aos estagiários e bolsistas do LANA: **Adibe Luiz Abdalla Filho (Adibinho), Fabiana Garcia, Jade Soares, Ítala Caroline (UFMA), Ingrid Mariano, Laura Oliveira, Vitor Guerrini**.

*Ao responsável pela coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, **Prof. Dr. Sila Carneiro da Silva** no período de 2009 até o presente ano 2012.*

*À todo o **corpo docente do curso de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens**, ESALQ pelos conhecimentos transmitidos e experiências pessoais que levarei para resto da vida.*

*Aos colegas de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens ESALQ e ao meu amigo **Delci Nepomuceno** pela amizade, companheirismo e conversas.*

*Ao **professor Bianchi**, pelo profissionalismo e comprometimento com os alunos de proficiência em inglês. Pelos momentos divertidos que nos faziam esquecer os problemas e aprender mais facilmente a língua. Obrigada por tudo.*

*À todos os professores da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), pelo incentivo e amizade, cultivada ao longo destes anos, pelo nome do **Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira e Rosa Lira**.*

*Ao **prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Santana**, do Instituto de Bioquímica e Química /UFAL, por permitir à utilização do liofilizador e toda a disponibilidade de auxílio e atenção durante as coletas experimentais.*

*Ao técnico **Aldir** do IBQ/UFAL, por toda a disponibilidade em ajudar nas análises.*

*Ao amigo prof. **Dr. Sharlyton Harisson** do curso de Zootecnia UFAL que hoje não se encontra entre nós e sua família, pela amizade e exemplo de profissional.*

*Aos estagiários e bolsistas do Centro de Ciências Agrárias- CECA/UFAL: **Ana Paula Lira, Fábio Berlamino, Gianmarlo Acioli, Janaína dos Santos Ferreira, Itairan, Ítalo, Mariana Correia Temóteo, Otávio Tenório** pela ajuda nos experimentos e amizade.*

*Ao funcionário da Estação de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias-CECA/UFAL: **Josivaldo e toda sua família** pelo apoio e ajuda durante todo experimento.*

*À família Rodrigues, pelo apoio e ajuda nos momentos difíceis. Na construção das gaiolas experimentais e na condução diária até a estação de piscicultura. Em especial quero agradecer a **Rosana Guersa, Sandro Wilson e Dona Valdice Rodrigues** pela amizade e sem limitar seus esforços em ajudar. Obrigada por tudo e por fazerem parte de minha vitória de vida e acadêmica.*

*A **Ana Paula Alves Freire** pela amizade durante minha estadia final em Piracicaba. Pelos momentos de conversa, distrações e companheirismo.*

*Aos amigos: **Anselmo Brasil, Aloísio Carvalho, Candinda Sales, Claudia Larissa, Cristiana Maria dos Santos, Eliane, Emília Fortes, Edson Silva, Edcleide Miranda, Fabíola Meirelles, Ligia Neira, Luzia, Michelline, Meire Santos, Maycon, Ranoel, Rosicleide Alves, Sandra Rodrigues, Sandra Pimentel, Simony Mendonça (Bugra), Pollyana, Vanderley Borges, Tida Maria Claudiano** pela amizade construída e fortalecida com o tempo e a distância, obrigada por fazerem parte de minha vida.*

*Aos amigos da pensão: **Natália Arruda, Karina Modes, Magnos Vivian** pelos momentos divertidos, aprendizado e amizade.*

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho e que puderam ajudar na minha permanência como aluno desta instituição. Agradeço a todos que podem não estar aqui citados com o mesmo reconhecimento.

Obrigada!

*Nunca deixe que lhe
digan que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão
dar certo
Ou que você nunca vai ser
alguém
Tem gente que machuca os
outros
Tem gente que não sabe amar
Mas eu sei que um dia a gente
aprende
Se você quiser alguém em quem
confiar
Confie em si mesmo

Quem acredita sempre alcança!*

Renato Russo

O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará. Deitar-me faz em
verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas
Refrigera a minha alma, guia-me pelas veredas da justiça, por
amor do seu nome

Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não
temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu
cajado me consolam

Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus
inimigos, unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice
transborda.

Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos
os dias da minha vida; e habitarei na casa do SENHOR por
longos dias

Salmos 23:1-6

SUMÁRIO

RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	21
LISTA DE FIGURAS.....	23
LISTA DE TABELAS.....	25
1 INTRODUÇÃO.....	27
Referências.....	29
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
2.1 Espécie em estudo: Tilápia do Nilo.....	31
2.2 Proteínas em rações para peixe.....	34
2.3 Fontes protéicas na nutrição de peixes.....	37
2.3.1 Farinha de peixe.....	37
2.3.2 Farelo de soja.....	39
2.3.3 Farelo de coco.....	41
2.3.4 Farinha de vísceras de aves.....	43
2.4 Utilização de isótopos estáveis.....	45
2.4.1 Carbono na biosfera.....	48
2.4.2 Nitrogênio na biosfera.....	51
2.4.3 Isótopos estáveis como traçadores naturais.....	52
2.4.4 Isótopos na nutrição animal.....	53
2.4.5 Objetivos.....	54
Referências.....	55
3 DESEMPENHO DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) ALIMENTADA COM DIFERENTES FONTES PROTÉICAS	71
Resumo.....	71
Abstract.....	71
3.1 Introdução.....	72
3.2 Material e métodos.....	74
3.2.1 Instalações experimentais.....	74
3.2.2 Dietas experimentais.....	75
3.2.3 Ensaio de desempenho com juvenis	77
3.2.4 Ensaio de desempenho com pós-larvas	77
3.2.5 Coleta de amostras, cálculos e análises químicas.....	78
3.2.6 Análise estatística.....	79

3.3 Resultados.....	80
3.4 Discussão.....	83
3.5 Conclusão.....	89
Referências.....	89
4 COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE ^{13}C E ^{15}N NO TECIDO DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) ALIMENTADA COM DIFERENTES FONTES PROTÉICAS.....	99
Resumo.....	99
Abstract.....	100
4.1 Introdução.....	100
4.2 Material e métodos.....	102
4.2.1 Instalações experimentais.....	102
4.2.2 Dietas experimentais.....	102
4.2.3 Ensaio experimental com juvenis e amostragem.....	105
4.2.4 Ensaio experimental de pós-larvas e amostragem.....	105
4.2.5 Ensaio de digestibilidade.....	106
4.2.6 Análises isotópicas.....	107
4.2.6 Determinação da digestibilidade.....	107
4.2.7 Estimativa de nitrogênio.....	108
4.2.8 Análise estatística.....	108
4.3 Resultados.....	109
4.3.1 Análise isotópica das dietas em tilápia do Nilo.....	109
4.3.2 Estimativa do nitrogênio e contribuição das fontes protéicas em tilápia do Nilo através do nitrogênio.....	110
4.3.3 Digestibilidade das frações de C_3 e C_4 da dieta dos juvenis.....	111
4.4 Discussão.....	112
4.5 Conclusão.....	117
Referências.....	118
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
APÊNDICES.....	129

RESUMO

Desempenho produtivo e composição isotópica de ^{13}C e ^{15}N no tecido muscular de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com diferentes fontes protéicas

Fontes alternativas de alimentos vem sendo estudadas em substituição à farinha de peixe na aquicultura, podendo acarretar diferença na incorporação de carbono e nitrogênio decorrentes da disponibilidade e do valor nutricional da fonte. Três experimentos tiveram o objetivo de quantificar a participação das diferentes fontes protéicas nos tecidos de juvenis e pós-larvas através da composição isotópica de C e N e sua influência no crescimento. Além disso, a digestibilidade aparente das dietas contendo mistura de plantas C_3 e C_4 foi estudada usando o $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes como traçador. As dietas consistiram de quatro ingredientes protéicos. Farelo de soja FS, farelo de coco FC, farinha de vísceras de aves FVA e farinha de peixe FP que compuseram cinco combinações diferentes: FS_{100} ; $\text{FS}_{60}\text{FC}_{40}$; $\text{FS}_{60}\text{FVA}_{40}$; $\text{FS}_{60}\text{FP}_{40}$; $\text{FS}_{19}\text{F}_{10}\text{FP}_{10}\text{FVA}_{11}$. No primeiro experimento duzentos juvenis de tilápia com peso médio de $3,4 \pm 0,20$ g foram distribuídos em 20 gaiolas flutuantes e após serem alimentados com as dietas experimentais, foram coletados amostras aos 0, 22, 44, 66 e 88 dias para estimar a contribuição de C e N das dietas no tecido. Foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre peso final (PF), ganho em peso (GP), conversão alimentar (CA), rendimento de filé (RFL), taxa de eficiência protéica (TEP) e fator de condição (FC). No entanto, não observou diferença entre o consumo alimentar (CO), peso do filé (PF) e índice de perfil (IPERF). Para o experimento dois, trezentas pós-larvas de 20 dias com peso médio inicial de $0,07 \pm 0,020$ g, foram distribuídas aleatoriamente, perfazendo cada unidade experimental com quinze animais. Foram realizadas coletas aos 0, 6, 12, 18, 24 e 30 dias para C e N. Neste experimento foi demonstrada diferença significativa ($P < 0,05$) entre as variáveis PF, GP, CO, CA e TEP. Para o comprimento total e padrão; IPERF e FC não foi observado diferença ($P > 0,05$). Juvenis e pós-larvas atingiram o equilíbrio isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ com suas respectivas dietas, permitindo assim que estes sejam usados para estimar a quantificação de nitrogênio e carbono, com exceção para a dieta $\text{FS}_{60}\text{FC}_{40}$. Em ambos os experimentos, houve aumento percentual de ganho de peso em juvenis e pós-larvas, sendo observada maior porcentagem de nitrogênio no músculo e carcaça total pelas dietas com farinha de peixe $\text{FS}_{60}\text{FP}_{40}$ e farinha de vísceras de aves $\text{FS}_{60}\text{FVA}_{40}$. Posteriormente, para o experimento de digestibilidade, 2500 juvenis com peso médio de $5,0 \pm 1,0$ g foram utilizados para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente CDA,% de componentes de origem C_3 e C_4 contidos nas dietas experimentais. Os valores de CDA apresentaram valores inferiores para os componentes de origem C_3 em relação aos de origem C_4 . A avaliação dos isótopos estáveis do C e do N nas dietas permitiu estimar a contribuição entre as diferentes fontes, o que sugeriu que a ingestão de nutrientes está relacionados com a qualidade da dieta. Verificou-se que fontes de proteína, quando combinadas, podem apresentar resultados superiores do que quando usada sozinha na composição.

Palavras-chave: Desempenho; Juvenis; Proteína vegetal; Proteína animal; Pós-larvas; Razão isotópica

ABSTRACT

Performance and isotopic composition of ^{13}C and ^{15}N in muscle tissue of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with different protein

Alternative sources of food have been studied in substitution for fishmeal in aquaculture, and it may result in a difference in incorporation of carbon and nitrogen, depending on the nutritional value and availability of the source. Two experiments were designed to quantify the participation of different protein sources in the muscle tissue in juvenile and post larvae through isotopic composition and its influence on growth and body composition. In addition, the apparent digestibility of feedingstuffs containing mixture of C_3 and C_4 plants has been studied using $\delta^{13}\text{C}$ as tracer. The experiments were conducted in a random design with five treatments and four repetitions. Diets consisted of by four sources of protein ingredients. soybean meal SBM, coconut meal CM, poultry product meal PPM, meal and fish meal FM, composed five different combinations of diets: SBM₁₀₀ SBM₆₀CM₄₀ SBM₆₀PPM₄₀ SBM₆₀FM₄₀ SBM₁₉CM₁₀FM₁₀PPM₁₁. In the first experiment, it used 200 juveniles with an average weight of 3.4 ± 0.20 g, distributed in 20 vinyl cages. Fish collections were held after being fed the experimental diets for 0, 22, 28, 38, 44, 66 and 88 days. In this assay, it was observed significant difference ($P < 0.05$) for final weight, weight gain, feed conversion, fillet yield, protein efficiency ratio and condition factor. However, there was no difference between food consumption, weight and content of the fillet profile. For the experiment two, 300 post-larvae, 20 days old and with average weight starting at 0.07 ± 0.020 g, were randomly distributed in the five treatments, making each experimental unit with twenty animals. Six fish collections were held at 0, 6, 12, 18, 24 and 30 days. This assay also showed significant difference ($P < 0.05$) for final weight, weight gain, food intake, feed conversion and protein efficiency ratio. It was observed that juvenile and post larvae did reach the isotopic equilibrium of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ with their own diets, thus allowing it to be used for estimating the quantification of nitrogen and carbon incorporated into fish tissue, with exception for the SBM₆₀CM₄₀ diet. The higher percentage of nitrogen in the muscle and carcass were obtained by total diets with fish meal SBM₆₀FM₄₀ and poultry product meal SBM₆₀PPM₄₀. To test the digestibility of the diets, 2,500 juvenile with average weight 5.0 ± 1.0 g were used for determination of apparent digestibility coefficient ADC, % of source components C_3 and C_4 contained in the experimental diets. The values of CDA constituents of experimental diets of fingerling showed lower values for source components C_3 in respect of C_4 origin. The evaluation of stable isotopes of carbon and nitrogen contained in protein ingredients permitted the estimation of contributions among the different sources, which suggests that the intakes of nutrients are related to the higher quality of the diet. It was noted that protein sources when combined can present superior results when used alone in the composition. The contribution of different protein sources in feed of Nile Tilapia, through the natural variation of stable isotopes of carbon and nitrogen, proved promising.

Keywords: Animal protein; Juveniles; Isotopic ratio; Performance; Post larvae; Vegetable protein

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Exemplo de isótopos estáveis de carbono com diferentes números de massa encontrados na natureza.45
- Figura 2 - Exemplo de valores de $\delta^{13}\text{C}$ para quatro amostras comparadas a um padrão. Nestas comparações relativas, as amostra (1) e (2) apresentam menor enriquecimento de ^{13}C , ao passo que as amostra (3) e (4) apresentam maiores enriquecimentos (DUCATTI, 2007a)47
- Figura 3 - Esquema de via fotossintética de fixação do CO_2 em plantas C_3 Extraído e adaptado do site <http://web.cena.usp.br/ln/Cerri/NOVADIDA.PPT>.....49
- Figura 4 - Esquema de via fotossintética de fixação do CO_2 em plantas C_4 Extraído e adaptado do site <http://web.cena.usp.br/ln/Cerri/NOVADIDA.PPT>50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais com diferentes fontes protéicas...	76
Tabela 2 - Desempenho de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes fontes protéicas e suas combinações ao final de 88 dias.....	80
Tabela 3 - Desempenho de pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas aos 30 dias experimentais.....	82
Tabela 4 - Composição das dietas experimentais com diferentes fontes protéicas valores de composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$).....	104
Tabela 5 - Peso médio final de juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas por período de 88 e 30 dias, respectivamente *	109
Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das dietas experimentais, músculo de juvenis e da carcaça total de pós-larvas ao final de 88 e 30 dias de alimentação*	110
Tabela 7 - Proporção estimada da porcentagem de nitrogênio incorporada no tecido muscular e carcaça total em juvenis e pós-larvas alimentados com diferentes fontes protéicas ao final do experimento*	111
Tabela 8 – Valores de $\delta^{13}\text{C}$ em fezes e coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de fração C_3 e C_4 em dietas para juvenis calculados pelo método isotópico*	112

1 INTRODUÇÃO

O consumo anual per capita de carne no mundo aumentou quase duas vezes no período de 1961-2007 com aumento de 23 a 40 kg. Este crescimento foi particularmente forte nas economias que mais crescem nos países em desenvolvimento e nos países de Baixa Renda com Déficit na Produção em Alimentos (PBRDA - do inglês, LIFDC – Low-Income Food-Deficit Countries). Em 2007, o pescado representou 15,7% do consumo de proteína animal da população mundial (FAO, 2010). Neste período, a oferta média anual per capita aparente de peixe foi de 15,1 kg, sendo de 14,4 kg nos PBRDA. Dentre estes, a China confirmou seu papel como maior produtor, com 47,5 milhões de toneladas de peixes em 2008 (32,7 milhões toneladas de aquicultura e 14,8 milhões de toneladas de pescado) segundo a FAO (2010).

A aquicultura teve um papel de destaque no crescimento da produção de pescado no Brasil. Somente a piscicultura teve uma elevação de 60,2% em 2008 e 2009, em comparação com 2007. A criação de tilápia chegou a 132 mil toneladas/ano sendo o carro chefe da produção aquícola e representa 39% do total de pescado cultivado (BRASIL, 2010). O Nordeste, de acordo com os dados de 2009, é a maior região produtora de pescado do Brasil com 411 mil toneladas/ano, seguida da região Sul, com 316 mil/ano. A região Norte está em terceiro lugar, com 263 mil toneladas, a Sudeste, com 177 mil e, por último, Centro-oeste, com 72 mil. Santa Catarina é o maior produtor entre os estados, com 207 mil toneladas/ano, seguida do Pará, com 136 mil toneladas. A Bahia, com 119 mil toneladas, é o terceiro maior produtor nacional seguida pelo Ceará, com 88 mil toneladas (BRASIL, 2010).

No cenário geral da piscicultura, o gasto da alimentação constitui aproximadamente 50 a 70% do custo de produção total (KUBITZA, 1997; PEZZATO et al., 2000). A formulação de rações para peixes é baseada principalmente em milho, farelo de soja e farinha de peixe, os quais em função de grande variabilidade de preço e dependendo da oferta no decorrer do ano e da dificuldade de transporte para as regiões não produtoras desses alimentos, torna muitas vezes a produção de peixes inviável. Ainda, no Brasil, a disponibilidade de farinha de peixe de boa qualidade é pequena, o que, aliado ao alto custo de farinha de boa qualidade importada, tem levado à busca de outras fontes protéicas que substituam a farinha

de peixe sem causar prejuízos ao desempenho dos animais (BOSCOLO et al., 2001).

Com aumento no comércio de produtos da aquicultura, o mercado global está cada vez mais informado e exigente no que tange a qualidade dos alimentos, os efeitos da aquicultura no ambiente, a segurança dos alimentos e na rastreabilidade levando informações aos consumidores sobre toda a cadeia de abastecimento da aquicultura. Nos dias atuais, os consumidores demonstram interesse por informações relativas à área na qual a matéria-prima é obtida, às condições de cultivo e aos programas de qualidade utilizados durante a produção e o processamento até a chegada do produto final ao consumidor. Estas preocupações vêm criando estratégias para influenciar decisões de compra dos consumidores e, especialmente, a política de aquisição dos principais compradores e vendedores de peixe. Recentes iniciativas incluem a adoção de programas de rotulagem ecológica ou avanços no desenvolvimento das orientações e certificação de pesca marinha, pesca em águas interiores e da aquicultura.

As variações isotópicas naturais do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) nos tecidos de peixes foram pouco investigadas, apesar de apresentarem potencial para rastrear e determinar o potencial de utilização de diferentes alimentos na piscicultura. Recentemente, a técnica dos isótopos tem sido proposta como ferramenta de autenticação de produtos animais (BAHAR et al., 2008; HEATON et al., 2008). Entretanto, há uma necessidade de estudos que contribuam para o conhecimento da assimilação isotópica da matéria orgânica nos tecidos dos animais, em destaque para peixes.

O emprego desse método isotópico, para determinar a contribuição relativa dos diferentes itens alimentares no tecido animal, assume que este é igual à média ponderada da composição isotópica dos constituintes de sua dieta. Neste sentido, a rastreabilidade de produtos de origem animal e vegetal torna-se possível considerando que a assinatura isotópica da dieta é refletida no organismo dos animais, pois o animal é o que consome isotopicamente (DeNIRO; EPSTEIN, 1978). Entretanto, os diferentes componentes da dieta são conduzidos diferencialmente para específicos tecidos e compartimentos do corpo.

Este trabalho apresenta os resultados do estudo de diferentes fontes protéicas sobre o desempenho e composição isotópica no tecido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na forma de revisão bibliográfica, com os objetivos do

trabalho; os resultados dos diferentes ensaios, na forma de artigo científico (capítulos 2 e 3) e considerações finais, onde são apresentadas as conclusões extraídas dos estudos.

Referências

BAHAR, B.; MOLONEY, A.P.; MONAHAN, F.J.; HARRISON, S.M.; ZAZZO, A.; SCRIMGEOUR, C.M.; BEGLEY, I.S.; SCHMIDT, O.S. Turnover of C, N, and S in bovine Longissimus dorsi and Psoas major muscles: Implications for isotopic authentication of meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 905-913, 2008.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 42, p. 495-506, 1978.

HEATON, K.; KELLY, S.D.; HOOGEWERFF, J.; WOOLFE, M. Verifying the geographical origin of beef: The application of multi-element isotope and trace element analysis. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, p. 506–515, 2008.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espécie em estudo: Tilápia do Nilo

A aquicultura brasileira é a segunda (destaque para o Chile) em produção sul-americana, apoiada basicamente nas cadeias de produção da tilapicultura e da carcinicultura (SCORVO FILHO et al., 2010). O Brasil produziu, em 2007, 95.691,00 toneladas de tilápia, o que representa 45% da produção da aquicultura continental. A aquicultura nacional baseia-se essencialmente nas cadeias de produção da tilápia e do camarão marinho (*vannamei*), o que leva a estar como o segundo país sul-americano em produção (SCORVO FILHO et al., 2010).

O destaque alcançado por esta espécie advém de suas qualidades que justificam a preferência dos produtores pela tilápia, entre os quais se destacam: fácil adaptação às diversas condições de cultivo nas diferentes regiões do país, ciclo de engorda relativamente curto, aceitação de ampla variedade de alimentos, é resistente a doenças, desova durante todo o ano, possui carne saborosa e saudável com baixo teor de gordura (0,9 g por 100 g de carne), rusticidade, respostas às condições ambientais adversas, como baixo nível de oxigênio e altos níveis de amônia dissolvidos na água (ALCESTE; JORRY, 1998), possui baixo nível de calorias (172 kcal por 100g de carne), não possui espinhas em forma de “Y”, seu rendimento do filé chega a 37%, em peixes com peso médio de 600 gramas (NOGUEIRA, 2008), além de rápido crescimento, boa conversão alimentar e consumo de ração artificial desde a fase larval (SOARES, 2000; MEURER et al., 2008).

Nativas da África, Israel e Jordânia, as tilápias se espalharam pelo mundo nos últimos 50 anos e são produzidas em mais de 100 países em diversos climas, sistemas de produção e salinidade (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004). Dentre as mais de 70 espécies de tilápias já identificadas (PHILIPPART; RUWET, 1982; MACINTOSH; LITTLE, 1995) poucas são comercialmente importantes (LIM; WEBSTER, 2006), sendo as mais comercializadas para a aquicultura pertencentes ao gênero *Oreochromis*, incluindo a tilápia do Nilo ou nilótica, *O. niloticus*; a tilápia de Moçambique, *O. mossambicus*; a tilápia-azul, *O. aureus* e a *O. uroleps hornorum* (KUBITZA, 2000; WATANABE et al., 2002), *O. macrochir*, *O. hornorum*, *O. galilaeus*, *Tilapia zillii* e *T. rendalli* (EL-SAYED, 1999).

Segundo Zimmermann (2002), a tilápia foi introduzida na América Latina no final da década de 40 e no início da década de 50, provavelmente com as espécies: *O. mossambicus*, *T. rendalli* e *T. zilli*, foram introduzidas no Brasil e outros países como, Jamaica, República Dominicana, Trinidad e Tobago, Ilhas Virgens e Guiana. Atualmente, estão sendo cultivadas em toda a América Latina (SCORVO FILHO et al., 2010).

No Brasil, a produção comercial de tilápias foi iniciada após a introdução de tilápia nilótica no nordeste em 1971, provenientes da Costa do Marfim (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004). O interesse na criação de tilápia cresceu rapidamente na década de 90, devido à introdução da tecnologia de reversão sexual para produzir populações somente de machos. A possibilidade de produzir peixes para pesque-pague e indústrias de filetagem no sul e sudeste também contribuiu para o desenvolvimento da tilapicultura (LOVSHIM, 2002).

A tilápia do Nilo tornou-se uma espécie de grande interesse na piscicultura atual, pois destaca-se como segundo grupo de peixes de água doce cultivado no mundo, depois da carpa comum, a mais cultivada no mundo (ZIMMERMANN, 2004; PONTES et al., 2010). Acredita-se que este grupo passará a ser o maior, devido a substituição gradual das carpas por tilápias especialmente nos países asiáticos, que concentram mais de 80% da piscicultura mundial. Fitzsimmons (2010) relata um crescimento mundial da produção de tilápia de aproximadamente 2,8 milhões de toneladas em 2008. Esta espécie é sem dúvida, uma das principais espécies com potencial para alicerçar a expansão da piscicultura industrial no Brasil, estando devidamente adaptada às nossas condições climáticas e sua criação.

A obtenção 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 inúmeros problemas existentes nos processos de criação (SOUZA et al., 2004). Dentre os fatores responsáveis pelos insucessos na larvicultura destaca-se, como principal, o fator a alimentação (CESTAROLLI et al., 1997). As tilápias utilizam eficientemente os alimentos de origem vegetal (PEZZATO, 2001), uma vez que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas como dentes faríngeos, pH estomacal ácido e intestino longo (KUBARIK, 1997). A atividade enzimática no intestino delgado permite a assimilação de polipeptídeos, de forma semelhante aos peptídeos de cadeia curta (TENGGARÖENKUL et al., 2000).

Observa-se dentro da publicação científica, a tilápia como sendo uma das espécies mais estudadas, com trabalhos relacionados com nutrição (PEZZATO et al., 1999, 2001, 2002; EL-SAYED, 1999; FURUYA et al., 2000, 2002; FURUYA, 2007; BOMFIM et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2008; PEZZATO; FURUYA; BARROS, 2009; PONTES et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

Uma grande variedade de fontes protéicas se encontra disponível para a indústria de alimentos para a aquicultura e muitas pesquisas têm sido publicadas visando à determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína destes alimentos para a tilápia (FONTAÍNHAS-FERNANDES et al., 1999; FURUYA et al., 2001; PEZZATO et al., 2002; MEURER et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2008; PEZZATO; FURUYA; BARROS, 2009).

A atividade de tilapicultura vem passando, desde as décadas passadas, por um processo de profissionalização, com o produtor mais atento ao manejo e aos insumos utilizados (SCORVO FILHO et al., 2010). Hoje, já é possível escolher o insumo que mais se adapta ao manejo empregado pelo produtor. A mudança de comportamento de alguns produtores mostra que a escolha do insumo pelo seu preço de venda não é uma prática generalizada. Alguns piscicultores utilizam ferramentas informatizadas para acompanhar o desempenho produtivo e econômico de suas criações (SCORVO FILHO et al., 2010).

Os alimentos de origem animal utilizados na formulação de rações para a tilápia do Nilo, como as farinhas de peixe, carne, crisálida e vísceras, entre outros, são classificados como sendo de alta atratividade palatabilidade, enquanto os de origem vegetal são de baixa atratividade palatabilidade (PEZZATO et al., 1995). Recentes trabalhos demonstraram a possibilidade de se utilizar rações isentas de farinha de peixe, desde que suplementadas com aminoácidos essenciais como demonstrado por (FURUYA et al., 2004; BOTARO et al., 2007; BOMFIM et al., 2008). Em todo o mundo, a farinha de peixe tem sido a fonte protéica de origem animal mais abundante para a manufatura de rações para animais. Segundo Fernandes et al. (2000), devido ao seu elevado valor nutritivo e palatabilidade, ela tem sido tradicionalmente utilizada nas rações comerciais para peixes.

Os peixes de hábito alimentar onívoro, alimentados com rações completas formuladas com fontes protéicas de origem vegetal, apresentam bom desempenho ou até superior, quando comparados com os alimentados com rações contendo

fontes de origem animal, como observado com o matrinxã (MENDONÇA et al., 1993) e a tilápia (SHIAU et al., 1989; WU et al., 1999).

2.2 Proteínas em rações para peixe

As proteínas são as macromoléculas mais versáteis nos organismos vivos e possuem papel crucial em todos os processos biológicos. Atuam como catalisadores, transportam e alojam outras moléculas (e.g. oxigênio), promovem apoio mecânico e proteção imune, geram movimento e controlam o crescimento e a diferenciação celular. Nos peixes as proteínas constituem-se entre 50 a 70% do peso seco (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994; PEZZATO et al., 2000), sendo de máxima importância no aspecto quantitativo e qualitativo, visto que são os componentes do organismo animal em crescimento, e também são responsáveis pela formação de enzimas (DE SILVA; ANDERSON, 1995).

Os aminoácidos são constituintes básicos das proteínas, estruturas unidas através de ligações peptídicas. Durante a digestão das proteínas, os aminoácidos livres sofrem catabolismo e recombina-se para formar proteínas do corpo do peixe. Independente da função ou atividade biológica, todas as proteínas são construídas com um mesmo grupo de 20 aminoácidos primários, os quais por si mesmos não têm atividade biológica intrínseca. De modo geral, as proteínas diferem umas das outras, devido cada uma apresentar uma sequência distinta de aminoácidos que é geneticamente controlada pelo DNA, o que determina as propriedades físicas, químicas e biológicas das proteínas (BEITZ, 1996).

O conjunto de aminoácidos presentes é decisivo para a qualidade da proteína e para determinar o seu valor como componente da dieta. Dos 20 aminoácidos primários, 10 são classificados como essenciais, ou seja, devem ser fornecidos na dieta visto que o organismo animal não é capaz de sintetizá-los ou os sintetiza em quantidades muito reduzidas, e os outros 10 restantes, como não essenciais (LEHNINGER, 2008).

A maioria das proteínas são altamente digestíveis. Nos peixes com estômago, o processo da digestão desse nutriente é iniciado com a ação da pepsina, em ambiente ácido e, posteriormente, no intestino, as enzimas tripsina, quimotripsina e carboxipeptidases A e B atuam, liberando aminoácidos, di e tripeptídeos para serem absorvidos nos enterócitos.

Para verificar a qualidade da proteína de um alimento pode-se empregar o método da utilização aparente da proteína pelos peixes, que consiste na análise do ganho de proteína pelo animal em relação à quantidade de proteína presente na dieta. Outro método, é a taxa de eficiência protéica que é definida como o total de ganho de peso do peixe dividido pelo total de proteína ingerida em um determinado período de tempo. Neste método é assumido que toda proteína ingerida é utilizada para o crescimento, não havendo gasto para manutenção. Outra forma de mensurar este nutriente é a utilização da proteína líquida (NPU) que leva em consideração a manutenção do animal através da comparação de desempenho dos peixes cuja dieta tem proteína, com um grupo controle contendo animais que recebem alimentação isenta de proteína (BRAGA, 2003).

Os peixes consomem proteína para obter aminoácidos. A proteína digerida ou hidrolisada libera aminoácidos livres, que são absorvidos pelo epitélio intestinal e distribuídos através da corrente sanguínea para os órgãos e tecidos. Um consumo regular de proteína e aminoácidos é necessário, pois estes são utilizados continuamente pelos peixes, seja para a síntese de novas proteínas durante o crescimento ou reprodução, ou para substituir proteínas existentes (manutenção). De modo que o fornecimento de proteína dietética mínimo resulta em diminuição ou interrupção do crescimento e na mobilização de proteína de tecidos menos vitais (e.g. músculo) para manutenção das funções vitais, resultando assim em perda de peso pelos animais.

As rações comerciais para tilápias têm de 25% a 40% de proteína bruta, o que implica em elevada participação de ingredientes protéicos, que correspondem a mais de 50% de seu custo. O aumento na produtividade requer a utilização de rações completas, pois o alimento natural não é capaz de atender às exigências dos peixes, principalmente quando criados em tanques-rede e “raceways”, em que a elevada biomassa por área e as deficiências ou desbalanços de nutrientes podem acarretar perdas de produtividade e, conseqüentemente, menor retorno econômico (FURUYA et al., 2001).

Dietas formuladas com base na proteína bruta podem apresentar conteúdo de aminoácidos superior ou até mesmo inferior ao exigido pelos animais, que não possuem exigência de proteína, mas de uma proporção adequada de aminoácidos para a formação de proteína muscular e de outras proteínas corporais (BOTARO et

al., 2007). Existem vários fatores que podem afetar as exigências de proteína pelos peixes:

- a espécie de peixe (EL-SAYED, 1999) destacando ainda diferenças de fisiológica entre as espécies, e.g. hábitos alimentares, ausência ou presença de estômago, tamanho do animal, peixes menores necessitam de mais proteína por unidade de peso (EINEN; ROEM, 1997; EL-SAYED, 1999);
- a qualidade da proteína, ou seja, a proporção entre os aminoácidos limitantes (WANG et al., 2008), nível de proteína (EL-SAYED, 1999);
- tipo de processamento da ração (EL-SAYED, 1999);
- temperatura, peixes mantidos em ambiente cuja temperatura está dentro da zona de conforto térmico da espécie apresentam maior exigência protéica na dieta (VAN HAM et al., 2003; CHO et al., 2005; MEURER et al., 2007);
- acesso ao alimento natural e a frequência de alimentação também influenciam a exigência de proteína na dieta (ARZEL et al., 1998).

Segundo Macari et al. (1994) as proteínas de origem vegetal são menos digestíveis que as proteínas de origem animal, em função da parede celular que dificulta o acesso e a ação enzimática no conteúdo das células vegetais. Além disso, diversos fatores podem afetar a digestibilidade das proteínas. A presença de carboidratos na dieta, afeta a digestibilidade, assim como proteínas com altos teores de prolina (e.g. glúten de milho) são pouco digestíveis (MACARI et al., 1994). Assim, é possível verificar que a estrutura química das proteínas é um fator importante na digestibilidade. Quanto maiores forem às forças que mantêm a estrutura tridimensional das proteínas, mais difícil será a ação das enzimas proteolíticas e, conseqüentemente, menor a digestibilidade.

Entre as frações de nutrientes encontradas nos alimentos, a proteína é considerada a mais nobre, por ser intensamente utilizada na renovação de tecidos e deposição de músculo, que é o produto final desejado (WILSON, 2002). Devido à sua importância, explica-se o maior custo de aquisição de alimentos protéicos em relação aos demais.

2.3 Fontes protéicas

Os Ingredientes protéicos de origem animal, *e.g.* a farinha de peixe e a farinha de carne e ossos, têm sido amplamente utilizados na alimentação de peixes. Estes possuem alto teor protéico e balanço em aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas. No entanto, alguns desses alimentos podem apresentar alta variação em sua composição, em termos de proteína, gordura, cinzas e aminoácidos, podendo variar, ainda, quanto à digestibilidade e à disponibilidade desses nutrientes, afetando a sua qualidade e podendo trazer prejuízo no desempenho dos peixes (ANDERSON et al., 1995; AKSNES et al., 1997; VERGARA et al., 1999).

Segundo Pezzato (2002), os produtos de origem animal promovem um maior crescimento aos peixes e, portanto, as dietas de máxima eficiência necessitam da presença desses ingredientes como fonte protéica fundamental. Um dos problemas destas rações são os altos teores de minerais, como cálcio e fósforo, e o alto custo de algumas destas fontes, como a farinha de peixes de boa qualidade. Assim, os ingredientes protéicos de origem vegetal representam uma alternativa para a formulação de alimentos e vêm sendo incluídos nas dietas em combinação com ingredientes de origem animal (KHAN et al., 2003).

Trabalhos recentes têm demonstrado que as fontes protéicas de origem animal podem ser substituídas parcial ou totalmente por fontes protéicas de origem vegetal para tilápias do Nilo a partir da fase de reversão, sem problemas relacionados ao desempenho (BOSCOLO et al., 2001, MEURER et al., 2005; BOTARO et al., 2007; MEURER et al., 2007, 2008).

2.3.1 Farinha de peixe

Em todo o mundo, a farinha de peixe é a fonte protéica de origem animal mais abundante para a manufatura de rações para animais; devido ao seu elevado valor nutritivo e palatabilidade, ela tem sido tradicionalmente utilizada nas rações comerciais para peixes (FERNANDES et al., 2000), contendo entre 51 a 72% de proteína bruta e 1,67 a 4,21% de fósforo.

As farinhas oriundas da pesca marinha, como as produzidas no Chile e no Peru, são as de melhor qualidade. Um grande problema enfrentado é o aumento na demanda por farinha de peixe, devido ao crescimento da aquicultura e competição

por esta pelas fábricas de rações para animais domésticos terrestres (EL-SAYED, 1998) e rações avícolas (EL-SAYED, 1999), provocando menor disponibilidade desse produto no mercado mundial e, conseqüentemente, o aumento do seu custo. Além disso, a excessiva exploração dos recursos oceânicos para a produção de farinhas de peixe pode contribuir para o colapso dos estoques pesqueiros mundiais (FONTAÍNHAS-FERNANDES et al., 1999; NAYLOR et al., 2000; STONE et al., 2000; CHONG et al., 2002; KAUSHIK et al., 2004; HU et al., 2008).

A farinha de peixe constitui-se a principal fonte protéica nas dietas para a maioria das espécies de peixes cultivadas; é uma excelente fonte de energia digestível, boa fonte de minerais essenciais, elementos traços e vitaminas essenciais (TACON, 1993). É considerada como alimento padrão em ensaios experimentais em função de seu elevado valor biológico, conseqüência de seu equilíbrio em aminoácidos essenciais, níveis de cálcio, fósforo e de vitaminas lipó e hidrossolúveis (PEZZATO, 1995). 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 (MEER et al., 1995; MAZID et al., 1997; GALDIOLI et al., 2000).

No Brasil, a disponibilidade de farinha de peixe de boa qualidade é pequena. Este fato, aliado ao alto custo de farinha de boa qualidade importada, tem levado à busca de outras fontes protéicas que substituam a farinha de peixe sem causar prejuízos ao desempenho dos animais (BOSCOLO et al., 2001). Recentes trabalhos demonstraram a possibilidade de se utilizar rações isentas de farinha de peixe, desde que suplementadas com aminoácidos essenciais, como demonstrados por (FURUYA et al., 2004; BOTARO et al., 2007).

Estudos são necessários para determinar a quantidade adequada de proteína animal a ser adicionada nas dietas, a fim de se racionalizar os custos de produção. Isso porque os níveis adequados de proteína de origem animal e vegetal variam de acordo com a espécie e a fase.

2.3.2 Farelo de soja

As fontes protéicas de origem vegetal são mais baratas que as de origem animal, porém apresentam balanço aminoacídico inadequado ao requerimento dos peixes (EL-DAHAR; EL-SHAZLY, 1993), além da presença dos polissacarídeos não-amiláceos que podem influir de forma negativa no desempenho dos mesmos (MEURER; HAYASHI, 2003).

O uso de fontes vegetais na formulação de rações permite a obtenção de dietas menos poluentes e mais econômicas (PEZZATO et al., 1995; NAYLOR et al., 1996; BOTARO et al., 2007; FURUYA, 2007; PONTES et al. 2010). A substituição da farinha de peixe por outra fonte de proteína pode ainda amenizar a pressão sobre os estoques pesqueiros que vem declinando (FONTAÍNHAS-FERNANDES et al., 1999; STONE et al., 2000; CHONG et al., 2002; KAUSHIK et al., 2004; HU et al., 2008) e consequentemente redução dos custos de produção (GATLIN III et al., 2007; LUNGER et al., 2007; LIM et al., 2009), principalmente quando se utilizam proteínas de origem vegetal. Dentre estas fontes, o farelo de soja apresenta razoável balanço de aminoácidos e pode substituir até 94% da farinha de peixes das rações para espécies onívoras (BUTOLLO, 2002; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1993).

Estudos têm apresentado resultados promissores ao uso dessas fontes em formulações quando suplementadas por aminoácidos (CHENG et al., 2003; LIM et al., 2004; FURUYA, 2007; BOTARO et al., 2007; HU et al., 2008; PONTES et al., 2010). Entretanto, os perfis e a biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais e não-essenciais que compõem cada um desses alimentos devem ser avaliados criteriosamente, principalmente lisina, metionina, treonina e triptofano, considerados os mais limitantes em rações para peixes (FURUYA et al., 2010).

O farelo de soja tem se destacado por apresentar valor biológico da proteína melhor entre as fontes de protéicas de origem vegetal usada como substituto de fontes de origem animal para peixes; tem sido um dos ingredientes mais estudados na substituição da farinha de peixe (STOREBAKKEN et al., 2000); sendo um ingrediente mais barato quando comparado a farinha de peixe e apresentando grande disponibilidade (LOVELL, 1990; DAVIS; JIRSA; ARNOLD, 1995; CHOU et al., 2004; HEIKKINEN et al., 2006; REFSTIE et al., 2006; WANG et al., 2006; HERNÁNDEZ et al., 2007; MEURER et al., 2008).

Bergamin (2009) destaca consideráveis variações no aproveitamento em diferentes espécies. Para este autor e outros (DAVIS; JIRSA; ARNOLD, 1995; ARNOLD, 1995; EL-SAYD, 2002; MEURER; HAYASHI, 2003; CHOU et al., 2004; TIBALDI et al., 2006; GATLIN III et al., 2007) o farelo de soja possui fatores antinutricionais como inibidores de tripsina, lecitinas e saponinas; presença de ácido fítico (complexa e torna indisponível minerais essenciais); oligossacarídeos indigestíveis (rafinose e estaquiose); polissacarídeos não amiláceos; compostos alergênicos, e dependendo da espécie, pode ser um ingrediente não palatável que pode influir de forma negativa no desempenho.

Subproduto resultante da extração do óleo de grão de soja (*Glycine max*), o farelo de soja tem sido a principal fonte protéica de origem vegetal utilizada na suplementação animal e a mais estudada dentre as fontes vegetais na nutrição de peixes. Na safra 2008/2009, o Brasil classificou-se como o maior produtor mundial de soja, com 57,1 milhões de toneladas de grãos, sendo que o cultivo representou 42,3% do total de grãos produzidos no país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

O farelo de soja é um alimento protéico de boa disponibilidade no mercado nacional e, em razão da alta produção de grão de soja e de seu processamento para extração de óleo, constituem a principal fonte protéica utilizada por animais monogástricos, como aves, suínos e peixes. De acordo com Lovell (1990), entre os alimentos protéicos de origem vegetal, o farelo de soja possui a proteína com o melhor perfil aminoacídico, além de uma concentração de aminoácidos essenciais adequada às exigências dos peixes, podendo substituir em até 50% a farinha de peixe em dietas para trutas e 94% para espécies onívoras.

A discrepância entre os pesquisadores quanto ao uso de farelo de soja como fonte de proteína para os peixes pode estar também relacionada à qualidade e processamento de farelo de soja, a variação na formulação de dieta, e as diferenças de espécies de peixes. As principais limitações no uso do farelo de soja são atribuídas ao baixo nível de metionina (OLLI et al., 1994). Estudos tem apresentado considerável sucesso em substituição parcial (40-75%) e total de farinha de peixe por farelo de soja em diferentes espécies, tais como: Atlantic halibut (BERGE et al., 1999), salmão do atlântico (REFSTIE et al., 2001), carpa comum (ESCAFFRE et al., 1997), truta (KAUSHIK et al., 1995; MÉDALE et al., 1998; MAMBRINI et al., 1999) e Senegalese sole (ARAGÃO et al., 2003).

2.3.3 Farelo de coco

No Nordeste brasileiro, a procura por alimentos não convencionais tem encontrado nos subprodutos da agroindústria de frutas uma possibilidade para substituir cereais tradicionais, que devido à alta quantidade de co-produtos da agroindústria em certas regiões torna-se uma alternativa na amortização de custo na fabricação de rações para as espécies animais de produção, que representa cerca de 70% dos custos de produção (PEZZATO et al., 2000; SANTOS et al., 2009; LEMOS et al., 2011).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma das frutíferas mais difundidas naturalmente no globo terrestre, ocorrendo em praticamente todos os continentes. Em virtude desta disseminação e adaptabilidade, seu cultivo e sua utilização se dão de forma expressiva em todo o mundo, com os mais variados produtos, tanto de forma *in natura* quanto industrializada. O coqueiro foi introduzido no Brasil em meados de 1950 através do Estado da Bahia, por isso da denominação coco-da-baía, com material proveniente da Ilha de Cabo Verde. É provável que tenha origem na Índia ou Sri Lanka que, por sua vez foram introduzidos de Moçambique. Passados alguns anos, novas introduções de coqueiro foram realizadas de países como Malásia, Costa do Marfim entre outros (ARAGÃO et al., 2010).

O farelo de coco é um subproduto da industrialização do coco, produzido em grande escala nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Segundo a FAO (2003), 1.000 frutos produzem, em média, 180 kg de copra, cujo processamento rende, aproximadamente, 110 kg de azeite e 55 kg de farelo; o restante (15 kg) é evaporado. A capa fibrosa (casca) não tem valor alimentício, sendo utilizada como combustível. O farelo de coco representa uma fonte de proteína mais barata em muitas regiões tropicais, podendo ser economicamente vantajosa como substituto das fontes usualmente empregadas em rações para animais, pode suprir parte das exigências protéicas e energéticas dos peixes e ainda reduzir o custo da ração, já que este ingrediente; contém: 91% de matéria seca; 22% de proteína bruta; 8% de extrato etéreo; 14% de fibra bruta; 42% de extrativo não nitrogenado; 6% de cinzas; energia digestível de 2.979 Kcal/kg, e energia metabolizável de 2.826 Kcal/kg (ROSTAGNO et al., 2005).

Os aminoácidos encontrados no farelo de coco, de acordo com a EMBRAPA (1991), estão presentes nas seguintes proporções: lisina 0,66%; histidina 0,47%;

arginina 2,73%; ácido aspártico 1,88%; treonina 0,71%; serina 0,94%; ácido glutâmico 3,08%; prolina 0,87%; glicina 1,02%; alanina 1,05%; cistina 0,32%; valina 1,14%; metionina 0,28%; isoleucina 0,82%; leucina 1,58%; tirosina 0,53%; fenilalanina 0,86%; triptófano 0,34%; triptófano disponível para aves 0,13%.

O farelo de coco não apresenta atividade antinutricional depressiva ao crescimento animal (PEZZATO et al., 2000). Alguns autores ressaltam que o farelo de coco é deficiente em diversos aminoácidos essenciais, particularmente metionina, fenilalanina e arginina, sendo assim, considerada de qualidade inferior à da soja e apresenta alto teor de fibra (SOLDEVILA; ROJAS-DAPORTA, 1976; MCDONALD et al., 1988), que, além de alterar a densidade da ração, tem alta capacidade relativa de absorção de água (RODRÍGUEZ-PALENZUELA et al., 1998; PANIGRAHI, 1992) contribuindo para a redução no consumo, porque limitam a ingestão de alimento pelo volume ocupado no trato digestório.

O farelo de coco já vem sendo utilizado na alimentação animal (BOSE; SOBRAL, 1989; PEZZATO et al., 2000; PASCOAL et al., 2007; SANTOS et al., 2009; LEMOS et al., 2011), adicionado em pequenas quantidades em rações para animais monogástricos (FAO, 2003). Torna-se importante uma avaliação deste subproduto e seus efeitos no desempenho de peixes, o que ainda é escassa. Segundo Herper (1988), farelos de diferentes oleaginosas como soja, amendoim, girassol e coco, quando são empregados em níveis não superiores a 50% da proteína total das rações de peixes, proporcionam satisfatória resposta.

Santos et al. (2009) avaliando diferentes níveis de substituição de farelo de coco para dietas de tilápia do Nilo não observou diferença quanto ao ganho de peso e consumo ração com 15% de inclusão de farelo de coco, porém houve um efeito linear crescente na conversão alimentar aparente com o aumento dos níveis de farelo de coco, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos com 0 e 15% de inclusão de farelo de coco.

Lemos et al. (2011) avaliaram o desempenho produtivo e econômico do tambaqui alimentado com rações que continham 0, 25, 50 e 100% de farelo de coco em substituição ao farelo de soja do tambaqui (*Colossoma macropomum*). Não observaram diferença significativa entre os tratamentos para o ganho em peso diário, consumo diário de ração, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência protéica e rendimento de filé. Os autores concluem que a inclusão de farelo de coco na dieta do tambaqui não interfere no desempenho e na

qualidade de carcaça dos animais, com ocorrência de alterações somente no índice hepatossomático e índice de gordura visceral.

Os resultados obtidos por Santos et al. (2009) e Lemos et al. (2011) mostram que a substituição do farelo de soja por farelo de coco permite a elaboração de dietas mais viáveis economicamente com valores entre 15% e 25%, respectivamente.

Em ensaio de digestibilidade e ganho de peso com tilápia do Nilo, Pezzato et al. (2000) avaliaram a inclusão de 0, 10, 20 e 30% de farelo de coco e concluíram que pode ser empregado em níveis de 30% da ração para a tilápia. Posteriormente, Santos et al. (2009) avaliando com a mesma espécie a digestibilidade em dietas semi-purificadas com os ingredientes (i) 30% de farelo de coco e dieta (ii) 30% de farelo de resíduo de goiaba. Os autores observaram que os valores de coeficiente de digestibilidade do farelo de resíduo de goiaba: MS 43%; PB 61%, EB 64%; EDa 3601,03 kcal/kg e PDa 6,89% e para o farelo de coco: MS 60%; PB 75%, EB 37%; EDa 1878,74 kcal/kg e PDa 16%. No entanto Pezzato et al. (2004) trabalhando com a mesma espécie, obtiveram valores de coeficientes de digestibilidade superiores para MS e PB de 60% e 87%, respectivamente para farelo de coco.

As pesquisas têm mostrado que o farelo de coco pode ser utilizado em dietas para monogástricos, sendo que algumas precauções devem ser tomadas em relação à suplementação aminoacídica.

2.3.4 Farinha de vísceras de aves

Com a propagação da piscicultura a necessidade de rações para peixes junto com seu principal ingrediente protéico, a farinha de peixe, está entrando em desuso (ALLAN et al., 2000; LEE et al., 2002; DENG et al., 2006; PORTZ; CYRINO; 2004; AI et al., 2006; LIM et al., 2009). A restrição do fornecimento de farinha de peixe, por conta do aumento da demanda, provoca a necessidade de se estudar fontes protéicas alternativas de boa qualidade nutricional. A restrição do fornecimento da farinha de peixe, por conta do aumento da demanda, provoca a necessidade de se estudar fontes protéicas alternativas de boa qualidade nutricional (EL-SAYED, 1999; NENGAS et al., 1999).

O Brasil é um dos maiores produtores de subprodutos de abatedouro de aves e de bovinos do mundo, alimentos protéicos que podem ser equiparados à farinha

de peixe em relação a fatores nutricionais (PEZZATO; BARROS; FURUYA, 2009). Fontes de origem animal, tais como farinha de subproduto de aves (farinha de vísceras de aves), carne e farinha de ossos e farinha de sangue, quando processadas, são as mais promissoras para a substituição da farinha de peixe. Subprodutos animais de qualidade normalmente têm conteúdos de aminoácidos essenciais (limitantes) mais altos, e melhor perfil de aminoácidos totais; eles também são boas fontes de energia digestível, ácidos graxos essenciais e vitaminas, e apresentam um efeito atrativo adicional e interessante para os peixes (FURUYA et al., 2001).

Por causa de seu conteúdo de alta proteína, preço razoável e fornecimento estável, estes ingredientes foram utilizados com êxito na alimentação de várias espécies de peixes como a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (STEFFENS, 1994; SUGIURA et al., 1998; BUREAU et al., 2000; CHENG; HARDY 2002), red drum (KURESHY et al., 2000), bagres africanos (GODA et al., 2007).

A farinha de vísceras de aves não contém penas e intestinos, mas pode conter pés, cabeças e carcaças descartadas (WILSON, 1995; NENGAS et al., 1999); torna-se um alimento alternativo e economicamente viável nas formulações para rações de peixes, tendo em vista a grande quantidade deste subproduto. Estudos com várias espécies de peixes demonstraram que a farinha de vísceras é capaz substituir, parcial ou totalmente, a farinha de peixe em rações para salmonídeos (FOWLER, 1991; WILSON, 1995) e totalmente para peixes onívoros, como a carpa comum *Cyprinus carpio* (MAZID et al., 1997) e tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (EL-SAYED, 1999; FARIA et al., 2002).

A farinha de vísceras de aves, do mesmo modo que a farinha de peixe é um alimento que apresenta uma composição muito variável, além de elevada concentração de cinzas (HARDY, 1996). Em tilápia do Nilo, a farinha de vísceras de aves apresenta coeficiente de digestibilidade aparente das proteínas de 82% com valor de 48% de proteína digestível, proporcionando bom potencial para sua utilização como ingrediente de rações para tilápias (MEURER et al., 2003). O conteúdo protéico da farinha de vísceras de aves é deficiente nos aminoácidos fenilalanina, treonina e lisina (KUBITZA, 1997) e sua inclusão em rações não deve ultrapassar níveis acima de 20%.

2.4 Utilização de isótopos estáveis

Os isótopos são átomos de um mesmo elemento químico, portanto possuem o mesmo número de prótons, mas que diferem em seu número de nêutrons, conseqüentemente, apresentando diferentes massas atômicas (Figura 1). Contudo, os isótopos possuem camada eletrônica igual, ou seja, com o mesmo número de elétrons, então apresentam as mesmas propriedades químicas, mas com pequenas diferenças nas propriedades físicas, o que permite que eles sejam utilizados como traçadores naturais em pesquisas.

Figura 1- Exemplo de isótopos estáveis de carbono com diferentes números de massa encontrados na natureza

Existem na natureza dois isótopos estáveis de carbono (^{12}C e ^{13}C), com abundâncias naturais de aproximadamente 98,89 e 1,11 átomos %, respectivamente (KENNEDY; KROUSE, 1990) e de nitrogênio (^{14}N e ^{15}N), aproximadamente, na abundância de 99,63 e 0,37 átomos %, respectivamente. Devido a esta diferença na abundância natural dos isótopos estáveis, a mensuração da relação entre eles é mais fácil que sua determinação absoluta, porém, na maioria das amostras gera valores muito pequenos.

A medida da relação entre isótopos estáveis é realizada por espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS), que detecta a concentração relativa dos diferentes isótopos de um elemento comparado a um padrão internacional. Na notação “delta”,

este diferencial indica se a relação entre o isótopo pesado dividido pelo isótopo leve é maior ou menor que a do padrão, em partes por mil (‰), e é calculado através da expressão:

$$\delta i (\text{amostra, padrão}) (\text{‰}) = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1] \times 10^3$$

onde i significa o isótopo pesado do elemento químico em consideração; R é a razão entre o isótopo pesado e o leve; e, δ (amostra, padrão) (‰) é o enriquecimento relativo da razão isotópica da amostra, comparativamente à razão isotópica do padrão internacional.

Como os valores naturais são muito pequenos, usualmente multiplica-se o resultado por mil para facilitar o entendimento da diferença, semelhante ao cálculo da porcentagem.

Para os isótopos de carbono, o padrão adotado é o Pee Dee Belemnite (PDB), uma rocha carbonatada fóssil do cretáceo, originária de *Belemnitela americana*, da formação Pee Dee da Carolina do Sul, Estados Unidos. Este padrão foi empregado inicialmente por Craig (1957), e é aceito universalmente na comparação das composições isotópicas do carbono (FRIEDMAN; O'NEILL, 1977). Para os isótopos estáveis do nitrogênio, o padrão internacional é o nitrogênio do ar atmosférico, considerado uma mistura isotópica homogênea na superfície terrestre (DUCATTI et al., 2011).

Figura 2 - Exemplo de valores de $\delta^{13}\text{CO}_2$ para quatro amostras comparadas a um padrão. Nestas comparações relativas, as amostra (1) e (2) apresentam menor enriquecimento de ^{13}C , ao passo que as amostra (3) e (4) apresentam maiores enriquecimentos (DUCATTI, 2007a)

Nas últimas três décadas, constata-se um crescente uso de isótopos estáveis nos mais diferentes campos da ciência (PEREIRA; BENEDITO, 2007). Os primeiros estudos envolvendo a aplicação dos isótopos estáveis foram realizados no início da década de 50 por geoquímicos e paleo-ocenoógrafos que desenvolveram uma rigorosa base teórica e empírica para a integração dos isótopos aos estudos dos ciclos globais dos elementos (LAJTHA; MICHENER, 1994). Isótopos estáveis de carbono, nitrogênio, enxofre, hidrogênio e oxigênio são considerados, atualmente, ferramentas úteis aos fisiologistas, ecólogos e a outros pesquisadores que estudam os ciclos de matéria e energia no ambiente. Essa técnica vem sendo aplicada em ambientes aquáticos e tem se mostrado muito eficiente bastante eficiente e promissora (CLARK; FRITZ, 1997).

Dentro dos diferentes elementos, os isótopos estáveis de H e O são utilizados na determinação da composição da água utilizada pelos vegetais, já os isótopos de C, N e S são utilizados para elucidar vias fotossintéticas, processos fisiológicos nos vegetais ou na determinação das fontes de alimento para consumidores em teias alimentares aquáticas.

2.4.1 Carbono na biosfera

A fonte primária do carbono para as plantas terrestres é o CO₂ atmosférico, o qual possui valor de $\delta^{13}\text{C}$ de aproximadamente -7,7‰ (KENNEDY; KROUSE, 1990). Valores negativos indicam que a amostra contém menos ¹³C que o padrão internacional.

De acordo com seu ciclo fotossintético, as plantas podem ser classificadas, na sua maioria, em dois grupos principais: plantas de ciclo C₃ e ciclo C₄, onde o primeiro composto orgânico a ser sintetizado é um ácido carboxílico, com três e quatro átomos de carbono, respectivamente. Durante a assimilação fotossintética, as plantas do ciclo fotossintético C₃ fixam o CO₂ atmosférico via ciclo de Calvin-Benson por meio da enzima RuBP carboxilase e apresentam valores $\delta^{13}\text{C}$ -22 e -34‰. Tal enzima apresenta “preferência” na captura do ¹²CO₂ se comparado ao seu isótopo mais pesado, caracterizando os vegetais deste ciclo com enriquecimento relativo de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de -27‰, em média (Figura 3).

Figura 3 - Esquema de via fotossintética de fixação do CO_2 em plantas C_3 . Extraído e adaptado do site <http://web.cena.usp.br/ln/Cerri/NOVADIDA.PPT>

As plantas C_4 fixam o CO_2 por meio do ciclo de Hatch-Slack e apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ compreendidos entre 9 -16‰ (valor modal = -12‰). Neste ciclo a enzima PEP carboxilase reduz o CO_2 da atmosfera em ácido málico ou aspártico (ambos com quatro carbonos). Neste processo, a enzima, somada à solubilidade deste gás nas células do mesófilo leva à menor discriminação do $^{13}\text{CO}_2$ tornando o carbono dos seus tecidos mais enriquecido se comparado aos tecidos dos vegetais do ciclo C_3 (Figura 4). Portanto, as plantas C_3 e C_4 possuem composições isotópicas

distintas, devido ao fracionamento que ocorre durante a fixação fotossintética do carbono (KENNEDY; KROUSE, 1990; VOGEL, 1993; DUCATTI, 2007b).

Figura 4 - Esquema de via fotossintética de fixação do CO_2 em plantas C_4 . Extraído e adaptado do site <http://web.cena.usp.br/ln/Cerri/NOVADIDA.PPT>

Adicionalmente, em ambos os ciclos fotossintéticos, o processo de discriminação do carbono atmosférico sofre influência da dinâmica de abertura e fechamento dos estômatos (GANNES et al., 1998). A via C_4 é encontrada no milho, sorgo, cana-de-açúcar e diversas gramíneas tropicais ou subtropicais.

Com isso, nas últimas décadas os isótopos estáveis têm sido aplicados de forma crescente e contínua em pesquisas agrícolas e ecológicas (GANNES et al., 1998), e se apresentam como alternativa promissora para estudar processos relacionados à fisiologia e metabolismo de peixes e outras espécies de animais por

meio de experimentos que usam a substituição da dieta, revelando que ela é determinante para a composição isotópica do animal (DUCATTI; CARRIJO; PEZZATO, 2002; OLIVEIRA, 2006; ZUANON et al., 2006, 2007; OLIVEIRA et al., 2006, 2008; GAMBOA-DELGADO; LE VAY, 2009; CONCEIÇÃO et al., 2009).

A avaliação da composição isotópica do ^{13}C dos tecidos pode indicar suas fontes de alimento, pois basta a condição fundamental de que as fontes alimentares possuam sinais isotópicos diferentes. Essa diferença torna possível sua utilização como traçadores em animais, pois a composição isotópica de um tecido é obtida por meio da razão isotópica da matéria orgânica que o compõe, sem a necessidade de sintetizar compostos especificamente marcados, além de evitar os problemas de saúde e segurança associados ao uso de isótopos radioativos (DUCATTI, 2007b).

2.4.2 Nitrogênio na biosfera

Diferentemente do carbono, o nitrogênio nas plantas não depende do ciclo fotossintético realizado, mas somente as plantas que possuem bactérias fixadoras de nitrogênio conseguem fixá-lo do ar. As bactérias do gênero *Rhizobium* que vivem no solo, podem alcançar o sistema radicular das leguminosas jovens, onde se desenvolvem fixando N_2 atmosférico, transformando-o em sais de nitrogênio que são utilizados pelas plantas (NH_4^+ , NO_2 , NO_3) e atuando como adubo. As demais plantas o fixam através da incorporação de compostos nitrogenados do solo (DUCATTI et al., 2011).

Como a maioria dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ do solo são positivos e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ do ar atmosférico são próximos de zero, uma vez que o ar atmosférico é o padrão, as plantas que fixam nitrogênio da atmosfera tendem a ter valores de $\delta^{15}\text{N}$ variando entre 0‰ e o valor do solo em que vivem (MARTINELLI et al., 2009). Quando o nitrogênio é absorvido somente do ar atmosférico pelas bactérias fixadoras ou pelo uso de fertilizantes industriais, o valor do $\delta^{15}\text{N}$ no solo é baixo, em torno de 0‰.

A fixação do nitrogênio é de grande importância para a dinâmica de ecossistemas naturais, sendo a única forma biológica de transferência do nitrogênio da atmosfera para os sistemas aquáticos e terrestres (MARTINELLI et al., 2009). Em ambientes aquáticos, onde o fitoplâncton tem valores de $\delta^{15}\text{N}$ diferentes da

vegetação terrestre, os isótopos de nitrogênio podem funcionar como marcadores para matéria orgânica de origem autóctone ou alóctone (PETERSON; FRY, 1987).

Uma vez que os tecidos corporais refletem o sinal isotópico das dietas que os animais consomem, as farinhas de origem animal são reflexo da dieta do animal que a deu origem, variando por volta de 1‰ para o $\delta^{13}\text{C}$ (DENIRO; ESPTEIN, 1978) e em torno de 3‰ (2-5‰) para o $\delta^{15}\text{N}$, devido ao nitrogênio do organismo animal sofrer enriquecimento em cada elevação do nível trófico pela excreção seletiva do ^{14}N (DENIRO; ESPTEIN, 1981).

O uso de outros traçadores isotópicos, principalmente o $\delta^{15}\text{N}$, são interessantes na interpretação dos níveis tróficos estudados, acrescentando informações adicionais que em muitos casos permitem uma caracterização melhor do organismo, ou cadeia trófica estudada (MICHENER; SCHELL, 1994).

2.4.3 Isótopos estáveis como traçadores naturais

A discriminação entre o isótopo mais leve e o mais pesado ocorre em fenômenos físicos e químicos nos sistemas biológicos, possibilitando sua utilização como traçadores naturais (BOUTTON, 1991). Assim, os alimentos, ingeridos e metabolizados pelos animais, refletem características da sua composição isotópica nos tecidos dos indivíduos que os consumiram. A composição isotópica do tecido animal, ou das fezes, reflete as contribuições das fontes alimentares e sua determinação fornece informações sobre a proporção da contribuição das fontes na formação dos diferentes tecidos e órgãos (DENIRO; EPSTEIN, 1978).

Qualquer alteração da composição isotópica no tecido depende da velocidade que os constituintes da dieta serão incorporados. Tecidos com rápido “turnover” refletem dietas mais recentes, enquanto aqueles com taxas de “turnover” mais lentas refletem dietas de períodos anteriores. De modo geral, os tecidos mais ativos metabolicamente (fígado, pâncreas e tecido adiposo) apresentam taxas de “turnover” mais rápidas que os menos ativos, como o colágeno dos ossos (HOBSON; CLARK, 1992).

Gannes et al. (1998), em revisão sobre o uso potencial da variação natural dos isótopos estáveis, destacaram o papel dos fisiologistas no uso dessa ferramenta para esclarecer questões fisiológicas e ecológicas, bem como assegurar os fundamentos teóricos e experimentais para a aplicação dos isótopos estáveis em

outras áreas. Dentre as diretrizes para futuras pesquisas com os isótopos estáveis destacadas por esses autores, receberam ênfase o balanço protéico, a alocação de nutrientes e o “turnover” tecidual.

2.4.4 Isótopos na nutrição animal

Recentemente, a técnica dos isótopos tem sido proposta como ferramenta de autenticação de produtos animais (BAHAR et al., 2008; HEATON et al., 2008). Entretanto, há uma necessidade de estudos que contribuam para o conhecimento da assimilação isotópica nos tecidos dos animais. A utilização de isótopos estáveis ambientais permite estudos sem a necessidade de sintetizar compostos especificamente marcados, evitando problemas de saúde humana e segurança ambiental associado ao uso de isótopos radioativos (JONES et al., 1979; TIESZEN et al., 1983; TYRRELL et al., 1984; BOUTTON et al., 1988; METGES et al., 1990). Esses traçadores vêm sendo utilizados com muita eficácia em estudos com aves de postura (CARRIJO et al., 2000; DENADAI, 2006), frangos de corte (CRUZ, 2004; CARRIJO, 2003), peixes (SAKANO et al., 2005; ZUANON et al., 2006, 2007; OLIVEIRA, 2006, 2008), camarão (GAMBOA-DELGADO; LE VAY, 2008, 2009) ovinos (SILVA, 2003), bovinos (JONES et al., 1979; BAHAR et al., 2008).

No entanto, variações naturais do ($\delta^{13}\text{C}$) e ($\delta^{15}\text{N}$) nos tecidos de peixes foram pouco investigadas, apesar de apresentarem potencial para rastrear e determinar o potencial de utilização de diferentes alimentos na piscicultura. Gaye-Siessegger et al. (2003) em ensaio realizado com a tilápia do Nilo estudaram a velocidade de troca de assinatura isotópica para carbono e nitrogênio, que podem ser afetados não só pela composição da dieta, mas também pela quantidade de alimentos consumidos. Nesse estudo, os autores avaliaram o efeito da qualidade da dieta em tilápias alimentadas com farinha de peixe ou farelo de trigo; concluindo que esta velocidade está relacionada à quantidade e à qualidade de alimento fornecida. Gamboa-Delgado e Le Vay (2009) investigaram o potencial do uso de nitrogênio estável em pós-larvas e juvenis de camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) com componentes dietéticos protéicos de origem vegetal (farelo de soja) e animal (farinha de peixe) em diferentes níveis e combinações, concluíram um aumento de crescimento em pós-larvas de (>1700%) e juvenis (>250%), observando maior ganho em porcentagem para os peixes alimentados com farinha de peixe e suas

combinações com farelo de soja e menor retenção de nitrogênio de no músculo de juvenis de camarão branco alimentados com 100% de farelo de soja em relação às dietas com farinha de peixe.

Nos tecidos animais os isótopos estáveis são fracionados em função de sua atividade metabólica e.g. o fígado tem uma função metabólica distinta da função do músculo. Desse modo, comparar diretamente a composição isotópica do fígado com a do músculo não é correto, pois certamente o fracionamento isotópico entre a dieta e esses dois tecidos será distinto (MARTINELLI et al., 2009). O músculo é comumente utilizado para estudos isotópicos associados a dietas animais, principalmente animais de grande porte, por sua facilidade de utilização e integração do sinal isotópico da dieta.

Estudos tem demonstrado que o fracionamento isotópico ($\delta^{13}\text{C}$) entre a musculatura e a dieta varia em torno de 1 a 2‰, evidenciando o potencial de utilização em estudos de nutrição animal empregando-se isótopos do carbono (MARTINELLI et al., 2009).

Para a tilápia e a carpa, o valor de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos tornou-se mais negativo na seguinte ordem: escama>nadadeira>músculos (SCHROEDER, 1983), indicando que a composição isotópica do tecido dos peixes não está relacionada com a composição da dieta, mas com aquelas frações químicas que foram usadas na constituição dos tecidos (FOCKEN; BECKER, 1998). A importância e a necessidade de mais investigações laboratoriais acerca da dinâmica de incorporação de C e de N nos peixes, a partir do método isotópico são inquestionáveis. Elas possibilitarão determinar contribuições relativas de determinada fonte na composição dos peixes, e até mesmo dos seus diferentes tecidos, relacionando fontes, suas qualidades e suas quantidades.

Desta forma, justifica-se a realização deste estudo com a tilápia do Nilo, tendo em vista que a técnica de isótopos estáveis apresenta potencial de aplicação prática para rastreabilidade de produtos alimentares de origem animal.

2.4.5 Objetivos

Com o crescente uso de fontes alternativas na dieta de peixes e a necessidade de se estudar a contribuição destas fontes para o desenvolvimento dos animais, torna-se importante conhecer alguns aspectos relacionados ao regime

alimentar da espécie, tais como diferenciar a utilização das fontes, de diferentes qualidade, e quantidade de nutrientes incorporados aos tecidos. Fontes alternativas em substituição a farinha de peixe vem sendo estudadas entre as diversas espécies e hábitos alimentares. Partindo destas perspectivas, algumas fontes podem vir a acarretar diferença na incorporação de carbono e nitrogênio decorrentes da disponibilidade e do valor nutricional da fonte. Com base no exposto os principais objetivos do presente estudo foram:

1. Avaliar as fontes protéicas e sua influência no crescimento e composição corporal de juvenis e pós-larvas;
2. Quantificar a composição isotópica de diferentes fontes protéicas nos tecidos de juvenis e pós-larvas;
3. Avaliar a digestibilidade aparente das fontes protéicas contendo a mistura de plantas C₃ e C₄ nas dietas experimentais.

Referências

- AI, Q.; MAI, K.; TAN, B.; XU, W.; DUAN, Q.; MA, H.; ZHANG, L. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 260, p. 255–263, 2006.
- AKSNES, A.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAIANA, L. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 153, n. 3/4, p. 251–261, 1997.
- ALCESTE, C.; JORRY, D. Análisis de las tendencias actuales en comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Union Europea. In: CONGRESSO SULAMERICANO DE AQUICULTURA, 1998, Recife. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p. 349.
- ALLAN, G.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 293–310, 2000.
- ARAGÃO, C.; CONCEIÇÃO, L.E.C.; DIAS, J.; MARQUES, A.C.; GOMES, E.; DINIS, M.T. Soy protein concentrate as a protein source for Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) diets: effects on growth and amino acid metabolism of postlarvae. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 1443–1452, 2003.
- ARAGÃO, W.M. Cultivares de coqueiros. In: FONTES, H.R.; FERREIRA, J.M.S.; SIQUEIRA, L.A. (Ed.). **A cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 03 jan. 2012.

ANDERSON, S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 138, n. 1/4, p. 291-301, 1995.

ARZEL, J.; METAILLER, R.; LE GALL, P.; GUILLAUME, J. Relationship between ration size and dietary protein level varying at the expense of carbohydrate and lipid in triploid brown trout fry, *Salmo trutta*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 162, n. 3/4, p. 259-268, 1998.

BAHAR, B.; MOLONEY, A.P.; MONAHAN, F.J.; HARRISON, S.M.; ZAZZO, A.; SCRIMGEOUR, C.M.; BEGLEY, I.S.; SCHMIDT, O.S. Turnover of C, N, and S in bovine Longissimus dorsi and Psoas major muscles: implications for isotopic authentication of meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p.905-913, 2008.

BERGAMIN, G.T. **Fontes protéicas de origem vegetal em dietas para juvenis de carpa Húngara (*Cyprinus carpio*)**. 2009. 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BEITZ, D.C. Metabolismo de proteína e aminoácidos. In. SWENSON, M.J.; REECE, W.O. (Ed.). **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, p. 430-447.

BERGE, G.M.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J.; MARTINELLI, L.A.; OMETTO, J.P.H.B.; FERRAZ, E.S.; VICTORIA, R.L. Soy protein: concentrate in diets for Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 178, p. 139-148, 1999.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S.; RIBEIRO, F.B.; TAKISHITA, S.S. Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 783-790, 2008.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SOARES, C.M. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 2001.

BOSE, M.L.; SOBRAL, J.P. Estudo do bromatológica e digestibilidade valor nutritivo do farelo de coco de prensagem- composição química bromatológica e digestibilidade. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, pt. 2, p. 391-401, 1989.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D. dos; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína em dietas para a tilápia-do-nilo (*oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede, pela suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 517-525, 2007.

BOUTTON, T.W. Stable carbon ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. (Ed.). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press, 1991. p. 173-185.

BOUTTON, T.W.; TYRRELL, H.F.; PATTERSON, B.W. Carbon kinetics of milk formation in holstein cows in late lactation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 2636-2645, 1988.

BRAGA, L.G.T. Nutrição e alimentação de peixes. In: _____. **Nutrição animal: tópicos avançados**. Itapetininga: UESB, 2003. p. 6-14.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/>>. Acesso em: 28 out. 2010.

BUTOLLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430 p.

CARRIJO, A.S. **Técnica dos isótopos estáveis do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) em frangos de corte**. 2003. 92 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

CARRIJO, A.S.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C. Avaliação do metabolismo nutricional em poedeiras pela técnica dos isótopos estáveis do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 209-218, 2000.

CESTAROLLI, M.A.; PORTELLA, M.C.; ROJAS, N.E.T. Efeitos do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimatã *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 24, n. único, p. 119–129, 1997.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat middlings, measured in vivo using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, p. 27-277, 2002.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W.; USRY, J.L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 215, p. 255–265, 2003.

CHONG, A.S.C.; HASHIM, R.; ALI, A.B. Assessment of dry matter and protein Digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using *in vivo* and *in vitro* methods. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 229-238, 2002.

CHOU, R.L.; HER, B.Y.; SU, M.S.; HWANG, G.; WU, Y.H.; CHEN, H.Y. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juveniles cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 229, p. 325-333, 2004.

CLARK, I.; FRITZ, P. **Environmental isotopes in hydrogeology**. Boca Raton: Lewis Publ., 1997. 328 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos; décimo primeiro levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

CONCEIÇÃO, L.E.C.; ARAGÃO, A.; RICHARD, N.; ENGROLA, S.; GAVAIA, P.; MIRA, S.; DIAS, J. Avanços recentes em nutrição de larvas de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 26-35, 2009.

CRAIG, H. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 12, p. 133-149, 1957.

CRUZ, V.C.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C.; PINHEIRO, D.F.; SARTORI, J.R.; GONÇALVES, J.C. Tracing metabolic routes of feed ingredients in tissues of broiler chickens using stable isotopes. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 1376-1381, 2004.

DAVIS, D.A.; JIRSA, D.; ARNOLD, C.R. Evaluation of soybean proteins as replacements by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on the Red Drum *Sciaenops ocellatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, n. 1, p. 48-58, 1995.

DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319 p.

DENG, J.; MAI, K.; AI, Q.; ZHANG, W.; WANG, X.; XU, W.; LIUFU, Z. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, p. 503-513, 2006.

DENADAI, J.C.; DUCATTI, C.; PEZZATO, A.C.; CARRIJO, A.S.; CALDARA, F.R.; OLIVEIRA, R.P. Studies on carbon-13 turnover in eggs and blood of commercial layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 8, p. 251-256, 2006.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 42, p. 495-506, 1978.

_____. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 45, p. 341-351, 1981.

DUCATTI, C. **Isótopos estáveis ambientais**. [apostila]. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 2007a. 184 p.

_____. Aplicação dos isótopos estáveis a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1-10, 2007b.

DUCATTI, C.; CARRIJO, A.S.; PEZZATO, A.C. Modelo teórico e experimental da reciclagem do carbono-13 em tecidos de mamíferos e aves. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 29-33, 2002.

DUCATTI, C.; MARTINS, C.L.; ARRIGONI, M.B.; MARTINS, M.B.; VIEIRA JÚNIOR, L.C.; DENADAI, J.C. Utilização de isótopos estáveis em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 68-75, 2011.

EINEN, O.; ROEM, J.A. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 115-126, 1997.

EL-DAHARA, A.; EL-SHAZLY, K. Effect of essential amino acids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Tilapia nilotica*(L). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 24, p. 731-739, 1993.

EL-SAYD, D.M.S.D. Complete replacement of fish meal by soybean affects lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) fingerlings. **Journal of the world aquaculture society**, Baton Rouge, v. 33, n. 3, p. 297-305, 2002.

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

EMBRAPA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para aves e suínos**. 3. ed. Concórdia: EMBRAPA, CPASA, 1991. 97p.

ESCAFFRE, A.M.; INFANTE, J.L.Z.; CAHU, C.L.; MAMBRINI, M.; BERGOT, P.; KAUSHIK, S.J. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 153, p. 63-80, 1997.

FAO. **FAOSTAT**: statistical database 2003. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. 2003. Acesso em: 10 de abril de 2011.

_____. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Farinha de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 812-822, 2002.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 646-653, 2000.

FITZSIMMONS, K. **Tilapia**: 2009 state of the industry. Report. WAS2010, San Diego, 2010. Disponível em: <<https://www.was.org/WasMeetings/Meetings/SessionAbstracts.aspx?Code=AQ2010&Session=31>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

FOCKEN, U.; BECKER, K. Metabolic fraction of stable carbon isotopes: implications of different proximate compositions for studies of the aquatic food webs using ¹³C data. **Oecologia**, Berlin, v. 115, p. 337-343, 1998.

FOWLER, L.G. Poultry by-product meal as dietary protein source in full Chinook salmon diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 99, p. 309-321, 1991.

FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; GOMES, E.; REIS-HENRIQUES, M.A.; COIMBRA, J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. **Aquaculture International**, Berlin, v. 7, p. 57–67, 1999.

FRIEDMAN I, O'NEIL JR. Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. In FLEISCHER, M. (Ed.). **Data of geochemistry** 6th ed. Washington: United States Government Printing Office, 1977. p. kk1-kk12

FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: AQUAFAIR, 2007. p. 121-139.

_____. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 1110-1116, 2004.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1125-1131, 2001.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M. Exigências de proteína para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p.1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; HAYASHI, E C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1571-1577, 2004.

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. Biological Sciences**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 471-477, 2000.

GAMBOA-DELGADO, R.; LE VAY, L. Natural stable isotopes as indicators of the relative contribution of soy protein and fish meal to tissue growth in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed compound diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 291, p. 115–123, 2009.

GAMBOA-DELGADO, J.; CAÑAVATE, J.P.; ZEROLO, R.; LE VAY, L. Natural carbon stable isotope ratios as indicators of the relative contribution of live and inert diets to growth in larval Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 280, p. 190–197, 2008.

GANNES, L.Z.; DEL-RIO, C.M.; KOCH, P. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiology ecology. **Comparative Biochemistry and Physiology. A**, New York, v. 199, n. 3, p. 725-737, 1998.

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

GAYE-SIESSEGER, J.; FOCKEN, U.; ABEL, H.J.; BECKER, K. Feeding level and diet quality influence trophic shift of C and N isotopes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Isotopes in Environment and Health Studies**, London, v.39, p.125-134, 2003.

GODA, A.M.; EL-HAROUN, E.R.; KABIR, M.A. Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 279-287, 2007.

GUIMARÃES, I.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Amino acid availability of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 14, p. 396–404, 2008.

HARDY, R.W. Alternative protein sources for salmon and trout diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, p. 71-80, 1996.

HEATON, K.; KELLY, S.D.; HOOGEWERFF, J.; WOOLFE, M. Verifying the geographical origin of beef: the application of multi-element isotope and trace element analysis. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, p. 506–515, 2008.

HEIKKINEN, J.; VIELMA, J.; KEMILAINEN, O.; TIROLA, M.; ESKELINEN, P.; KIURU, T. NAVIA-PALDANIUS, D.; WRIGHT, A.V. Effects of soybean meal based diet on growth trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, p. 259-268, 2006.

HERNANDEZ, M.D.; MARTÍNEZ, F.J.; JOVER, M.; GARCIA, G.B. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 263, p. 159–167, 2007.

HERPER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 386 p.

HOBSON, K.A.; CLARK, R.G. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ¹³C in tissues. **The Condor**, Los Angeles, v. 94, p. 181-188, 1992a.

_____. Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet-tissue fractionation. **The Condor**, Los Angeles, v. 94, p. 189-197, 1992b.

HU, M.; WANG, Y.; WANG, Q.; ZHAO, M.; XIONG, B.; QIAN, X.; ZHAO, Y.; LUO, Z.; Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 275, p. 260–265, 2008.

JONES, R.J.; LUDLOW, M.M.; TROUGHTON, J.H.; BLUNT, C.G. Estimation of the proportion of C3 and C4 plant species in the diet of animals from the ration of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the feces. **Cambridge Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, p. 91-100, 1979.

KAUSHIK, S.J.; COVÈS, D.G.; DUTTO, D.; BLANC, D. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 230, p. 391–404, 2004.

KAUSHIK, S.J., CRAVEDI, J.P., LALLE`S, J.P., SUMPTER, J., FAUCONNEAU, B., LAROCHE, M. Partial or total replacement of fish meal by soya protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 133, p. 257– 274, 1995.

KENNEDY, B.V.; KROUSE; H.R: Isotope fractionation by plants and animals: implications for nutrition research. **Canadian Journal Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 68, p. 960-972, 1990.

KHAN, M.A.; JAFRI; A.K.; CHADHA, N.K.; USMANI, N. Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oilseed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 9, p. 391-396, 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285 p.

KUBTIZA, F.; LOVSHIN, L.L.; LOVELL, R.T. Identification of feed enhancers for juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 148, p. 191-200, 1997.

KURESHY, N.; DAVIS, D.A.; ARONLD, C.D. Partial replacement of fish meal with meat-and-bone meal, flash-dried poultry by product meal, enzyme digested poultry by-product meal in practical diets for juvenile red drum. **North American Journal of Aquaculture**, Bethesda, v. 62, p. 266–272, 2000.

KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, Mount Morris, v. 6, p. 16-18, 1997.

LAJTHA, K.; MICHENER, R.H. (Ed.). **Stable isotopes in ecology and environmental science**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994. 316 p.

LEE, K.J.; DABROWSKI, K.; BLOM, J.H.; BAI, S.C.; STROMBERG, P.C. A mixture of cottonseed meal, soybean meal and animal by product mixture as a fish meal substitute: growth and tissue gossypol enantiomers in juvenile rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, Berlin, v. 86, p.201-213, 2002.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 5th ed. New York: W.H. Freeman, 2008. 1100 p.

LEMOS, M.V.A.; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 188-198, 2011.

LIM, C.; WEBSTER, C.D. **Tilapia: biology, culture and nutrition**. An Imprint of New York: The Haworth Press, 2006. 678 p.

LIM, S.J.; LEE, K.J. Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 290, p. 283–289, 2009.

LIM, S.R.; CHOI, S.M.; WANG, X.J.; KIM, K.W.; SHIN, I.S.; MIN, T.S.; BAI, S.C. Effects of dehulled soybean meal as a fish meal replacer in diets for fingerling and growing Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, p. 457–468, 2004.

LOVELL, R.T. Use of soybean products in diets for aquaculture species: revised. **Asa Technical Bulletin**, Singapore, v. AQ 21-90, p 1-16, 1990.

LOVSHIN, L.L. Tilapia culture in Brazil. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.). **Tilapia aquaculture in the America**. Baton Rouge: Journal of the World Aquaculture Society. 2002. v. 2, p. 113–140.

LUNGER, A.N.; MCLEAN, E.; GAYLORD, T.G.; KUHN, D.; CRAIG, S.R. Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 271, p. 401–410, 2007.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 296 p.

MACINTOSH, D.J.; LITTLE, D. C. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) In: BROMAGE, N.R.; ROBERTS, R.J. (Ed.). **Broodstock Management and Egg and Larval Quality**. London: Blackwell Science, 1995. p. 277-320.

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

MARTINELLI, L.A.; OMETTO, J.P.H.B.; FERRAZ, E.S.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B.; MOREIRA, M.Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. Piracicaba: Oficina de Textos, 2009. 144 p.

MAZID, M.A.; ZAHER, M.; BEGUM, N.N.; ALI, M.Z.; NAHAR, F. Formulation of cost-effective feeds from locally available ingredients for carp polyculture system for increased production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, n. 1/4, p. 71-78, 1997.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.P. **Animal nutrition**. 4th ed. Essex: Longman Scientific Technical, 1988. 543 p.

MEDALE, F.; BOUJARD, T.; VALLEE, F.; BLANC, D.; MABRINI, M.; ROEM, A.; KAUSHIK, S.J. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. **Aquaculture Living Resources**, Nantes, v. 11, p. 239-246, 1998.

MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 901-909, 1995.

MENDONÇA, J.O.J.; SENHORINI, J.A.; FONTES, N.A.A. Influência da fonte protéica no crescimento do matrinhã (*Brycon cephalus*) Günther, 1869 (TELEOSTEI, CHARACIDAE), em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 1993.

METGES, C.; KEMPE, K.; SCHIMIDT, H.L. Dependence of the carbon isotope contents of breath carbon dioxide, milk, serum and rumen fermentation products on the $\delta^{13}\text{C}$ value of food in dairy cows. **British Journal of Nutrition**, Southampton, v. 63, p. 187-196, 1990.

MEURER, F.; HAYASHI, C. Polissacarídeos não-amiláceos na nutrição de peixes: revisão. **Arquivos de Medicina Veterinária e Zoologia da Unipar**, Cascável, v. 6, n. 2, p. 127-138, 2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003.

MEURER, F.; BARBERO, C.H.L.M.; SANTOS, L.D.; BOMBARDELLI, R.A.; COLPINI, L.M.S. Farelo de soja na alimentação de tilápias-do-nilo durante o período de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 791-794, 2008.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SCHAMBER, SANTOS, L.D.; WOLF, L.; COLPINI, L.M.S. Exigência de proteína digestível para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em baixa temperatura. **Revista Científica de Produção Animal**, Terezina, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2007.

MICHENER, R.H.; SCHELL, D.M. Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs. In: LAJTHA, H.; MICHENER, R.H. (Ed.). **Stable isotopes in ecology and environmental science**. Oxford: Blackwell Scientific, 1994. chap. 7, p. 138-157.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy, 1993. 114 p.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, London, v. 405, n. 29, p. 1017-1024, 2000.

NENGAS, L.; ALEXIS, M.N.; DAVIES, S. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, p. 13-23, 1999.

NOGUEIRA, A.C. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2012.

OLIVEIRA, A.C.; MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; SOARES, M.G.M.; CYRINO, J.E.P. Seasonality of energy sources of *Colossoma macropomum* in a floodplain lake in the Amazon – lake Camaleão, Amazonas, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v. 13, p. 135–142A, 2006.

OLIVEIRA, A.C.B.; MARTINELL, L.A.; MOREIRA, M.Z.; CYRINO, J.E.P. Determination of apparent digestibility coefficient in fish by stable carbon isotopes. **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 14, p. 10–13, 2008.

OLLI, J.J.; HJELMELAND, K.; KROGDAHL, A. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L): effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 109, n. 4, p. 923-928, 1994.

PANIGRAHI, S. Effects of different copra meals and amino acid supplementation on broiler chick growth. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.33, n.3, p.683-687, 1992

PASCOAL, L.A.F.; MIRANDA, E.C.; LAMENHA, M.I.C.; WATANABE, P.H.; MIRANDA, C.C.; SILVA, L.P.G.; ARAÚJO, D.M. Inclusão de farelo de coco em dietas para suínos em crescimento com ou sem suplementação enzimática. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, p. 160-169, 2010.

PEREIRA, A.L.; BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista de Biociências**, Natal, v. 13, n. 1/2, p. 16-27, 2007.

PETERSON, B.J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987.

PEZZATO, L.E. **Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para a indústria da nutrição de peixes e crustáceos**. Campinas: CBNA, 1995. 166 p.

_____. **Digestibilidade em peixes**. 2001. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 43-51, 2009. Suplemento especial.

- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; PEZZATO, A.C.; FURUYA, W.M. Valor nutritivo do farelo de coco para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 695-699, 2000.
- PHILIPPART, J.C.; RUWET, J.C. Ecology and distribution of tilapias: the biology and culture of tilapias. In: ICLARM CONFERENCE, 7., 1982, Manila. **Proceedings...** Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1982. p. 15–59.
- PONTES, E.C.; OLIVEIRA, M.M.; ROSA, P.V.; FREITAS, R.T.; PIMENTA, M.E.S.G.; RODRIGUES, P.B. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1626-1632, 2010.
- PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; MARTINO, R.C. Growth and body composition of juvenile and largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 312-320, 2004.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. [S.l.]: IBAMA, 1994. 196 p.
- REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; ROEM, A.J. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 193, p. 91–106, 2001.
- REFSTIE, S.; FORDE-SKJAERVIK, O.; ROSEN LUND, G.; RORVIK, K.A. Feed intake, growth and utilization of macronutrients and amino acids by 1- and 2 year old Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed standard or bioprocessed soybean meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 255, p. 279-291, 2006.
- ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.
- RODRÍGUEZ-PALENZA, P.; GARCIA, J.; DE BLAS, C. Fibra soluble y implicación in nutrición animal: enzimas y probióticos. In: CURSO DE ESPECIALIZACION, 1998, Barcelona. Barcelona: FEDNA, 1998. p. 229-239.
- SAKANO, H.; FUJIWARA, E.; NOHARA, S.; UEDA, H. Estimation of nitrogen stable isotope turnover rate of *Oncorhynchus nerka*. **Environmental Biology of Fishes**, Oxford, v. 72, p. 13–18, 2005.
- SANTOS, E.L.; LUDKE, M.C.M.; BARBOSA, J.M.; BOA-VIAGEM, C.; LUDKE, R.J.V. Digestibilidade aparente do farelo de coco e resíduo de goiaba pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 175-180, 2009.

SHIAU, S.Y.; KWOK, C.C.; KWANG, J.Y.; CHEN, C.M.; LEE, S.L. Replacement of fishmeal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus*, *O. aureus*) fingerling diets at a suboptimal protein level. **Journal of The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 20, p. 230–235, 1989.

SCHROEDER, G.L. Stable isotope ratios as naturally occurring tracers in the aquaculture food web. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 30, p. 203-210, 1983.

SCORVO FILHO, J.D.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; ALVES, J.M.C.; SOUZA, F. R.A. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1-7, 2010 Suplemento Especial.

SILVA, J.J. **Determinação da fase lactente- ruminante em cordeiros pelas técnicas de ¹³C e micro- histologia fecal**. 2003. 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

SOARES, C.; HAYASHY, C.; FURUYA, V.R.B.; FURUYA, W.M.; GALDIOLI, E.M. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2000.

SOLDEVILA, M.; ROJAS DAPORTA, M. Effect of different levels of coconut meal on egg production. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Puerto Rico, v. 60, p. 635-638, 1976.

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

STEFFENS, W. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 27-34, 1994.

STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; PARKINSON, S. Replacement of fish meal in diets of Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. III. Digestibility and growth using meat products. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 311-326, 2000.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K. D.; BAEVERFJORD, G.; NIELSEN, B. G.; ÅSGÅRD, T.; SCOTT, T.; DE LAPORTE, A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 184, p. 115-132, 2000

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 159, p. 177-202, 1998.

TACON, A.G.J. Feed ingredients for warmwater fish. In: _____. **Fish meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 1993. 64 p. (Fisher Circular, 856).

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

TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T.; SMITH, S.A. Distribution of
intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia,
Oreochromis niloticus L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 317-327, 2000.

TIBALDI, E.; HAKIM, Y.; UNI, Z.; TULLI, F.; FRANCESCO, M.; LUZZANA, U.;
HARPAZ, S. Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently
processed soybean meals on growth performance, nutrient digestibility and activity of
intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*).
Aquaculture, Amsterdam, v. 261, p. 182-193, 2006.

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G.; SLADE, N.A. Fractionation and
turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for delta C analysis
of diet. **Oecologia**, Berlin, v.57, p.32–37, 1983.

TYRREL, H.F.; PELLETIER, G.; CHEVALIER, R.; HILLAIRES-MARCELL, C.;
GAGNON, M. Use of carbon 13 as tracer in metabolism studies. **Canadian Journal
of Animal Science**, Ottawa, v. 64, p. 127-129, 1984.

VAN DER MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of
dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma
macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 901-909,
1995.

VAN HAM, E.H.; BERNTSEN, M.H.G.; IMSLAND, A.K.; PARPOURA, A.C.;
BONGA, S.E.W.; STEFANSSON, S.O. The influence of temperature and ration on
growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot
(*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 217, p. 547–558, 2003.

VERGARA, J.M.; LOPEZ-CALERO, G.; ROBAINA, L. Growth, feed utilization and
body lipid content of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed increasing lipid levels
and fish meals of different quality. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, n. 1/4, p. 35-44,
1999.

VOGEL, J.C. Variability of carbon isotope fractionation during photosynthesis. In:
EHLERINGER, J.R.; HALL, A.E.; FAQUHAR, G.D. (Ed.). **Stable isotopes and plant
carbon-water relations**. San Diego: Academic Press, 1993. p. 29-46.

WANG, Y.; KONG, L.J.; BUREAU, D.P. Effect of replacing fish meal with soybean
meal on growth, feed utilization and composition of cuneate drum (*Nibea
michithioides*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, p. 1307-1313, 2006.

WANG, Y.; LI, K.; HAN, H.; ZHENG, Z.; BUREAU, D.P. Potential of using a blend of
rendered animal protein ingredients to replace fish meal in practical diets for malabar
grouper (*Epinephelus malabricus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 281, p. 113–117,
2008.

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, Tokyo, v. 68, p. 242–252, 2002.

WILSON, R.P. Fish feed formulation and processing. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTRÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1995. p. 171.

_____. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2002. chap. 3, p. 144-179.

WU, Y.V.; TUDOR, K.W.; BROWN, P.B. Substitution of plant proteins or meat and bone meal in diets of Nile tilapia. **North America Journal Aquaculture**, Bethesda, v. 61, n. 1, p. 58-63, 1999.

ZIMMERMANN, S.A. Tilápia na América Latina: introdução e situação atual. VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7., 2002, São Carlos. São Carlos: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002.

ZIMMERMANN, S.; HASPER, T.O.B. Piscicultura no Brasil: processo de intensificação da tilapicultura. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

ZUANON, J.A.S.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; PASSOS, J.R.S.; BARROS, M.M.; DUCATTI, C. Muscle $\delta^{13}\text{C}$ change in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Effects of growth and carbon turnover. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 145, p. 101-107, 2006.

ZUANON, J.A.S.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; PASSOS, J.R.S. Muscle $\delta^{13}\text{C}$ change in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, cichlidae) fingerling fed on C3 – or C4 cycle plants grain-based diets. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 147, p. 761-765, 2007.

3 DESEMPENHO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADA COM DIFERENTES FONTES PROTÉICAS

Resumo

O efeito da alimentação com diferentes fontes protéicas sobre o desempenho produtivo de tilápia do Nilo foi avaliado neste estudo em duas diferentes fases, ensaio com juvenis e pós-larvas. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. As dietas consistiram de rações isoprotéicas e isoenergéticas (29,73% de proteína bruta e 3.000 kcal/kg de energia digestível), compostas por quatro fontes de ingredientes protéicos. Farelo de soja (FS), farelo de coco (FC), farinha de vísceras de aves (FVA) e farinha de peixe (FP) compuseram cinco combinações diferentes de dietas: FS₁₀₀ - 100% FS; FS₆₀FC₄₀ - 60% FS e 40% FC; FS₆₀FVA₄₀ - 60% FS e 40% FVA; FS₆₀FP₄₀ - 60% FS e 40% FP e FS₁₉F₁₀FP₁₀FVA₁₁ - 19% FS, 10% FC, 10% FP e 11% FVA. Inicialmente, duzentos juvenis de tilápia do Nilo masculinizados com peso inicial de (3,4 ± 0,20 g) foram alojados em vinte gaiolas perfazendo cada unidade experimental com dez peixes em um sistema aberto de circulação de água. As dietas foram fornecidas a vontade durante 88 dias e 30 dias experimento, respectivamente para juvenis e pós larvas. No experimento com os juvenis foi observada diferença significativa (P<0,05) entre as variáveis peso final, ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de filé e fator de condição para dietas com diferentes combinações de fontes protéicas. No entanto, não se observou diferença entre o consumo alimentar, peso do filé e índice de perfil. No segundo ensaio, 300 pós-larvas de 20 dias, não separadas sexualmente e com peso médio inicial de 0,07 ± 0,020 g, foram utilizadas. Cada unidade experimental foi constituída por vinte animais, distribuídos em aquários de 15L com sistema de recirculação de água. No estudo foi demonstrada diferença significativa (P<0,05) entre as variáveis: peso final, ganho de peso, consumo alimentar e conversão alimentar entre as diferentes combinações de fontes protéicas. Para as variáveis comprimento total e comprimento padrão; índice de perfil e fator de condição das pós-larvas não foram observadas diferença entre as dietas (P>0,05). Dentre as variáveis estudadas, as dietas compostas por FS₆₀FV₄₀; FS₆₀FP₄₀; e a combinação dos quatro ingredientes apresentou melhor desempenho. Observou-se dentre as fontes protéicas avaliadas, para as fases juvenis e pós-larvas, uma melhor apreciação das dietas FS₆₀FP₄₀ e FS₆₀FVA₄₀ quando combinadas com farelo de soja, favorecendo assim o crescimento dos peixes.

Palavras-chave: Animal; Juvenil; Pós-larvas; Proteína; Vegetal

Abstract

The effect of feeding with different protein sources on the productive performance of Nile tilapia was evaluated in this study in two different stages, testing with juveniles and post larvae fish. The experiments were conducted in a random design with five treatments and four repetitions. Diets consisted of isoproteic and isoenergetic rations (29.73% crude protein and 3.000 kcal/kg of digestible energy), composed by four sources of protein ingredients. soybean meal (SBM), coconut meal

(CM), poultry product meal (PPM), meal and fish meal (FM), composed five different combinations of diets: SBM₁₀₀ - 100% SBM; SBM₆₀CM₄₀ - 60% SBM e 40% CM; SBM₆₀PPM₄₀ - 60% SBM e 40% PPM; SBM₆₀FM₄₀ - 60% SBM e 40% FM and SBM₁₉CM₁₀FM₁₀PPM₁₁ - 19% SBM, 10% CM, 10% FM and 11% PPM. Initially, two hundred Nile tilapia fingerlings, sexually reversed males and with initial weight of 3.4 ± 0.20 g) were randomly distributed in twenty experimental cages with ten fish in an open system of circulating water. Diets were provided for 88 and 30 days respectively for fingerlings and post larvae fish. In the experiment with the fingerlings, it was observed significant difference ($P < 0.05$) for final weight, weight gain, feed conversion, and condition factor among diets with different protein sources combinations. However, there was no difference for food consumption, weight and content of the fillet profile. In the second trial, 300 post larvae, 20 days old, not sexually separated and with an average initial weight of 0.07 ± 0.020 g were used. Each experimental unit had twenty fishes, spread across 15 L tanks in a water recirculation system. This trial demonstrated significant difference ($P < 0.05$) for the variables final weight, weight gain, food consumption and feed conversion among the different combinations of protein sources. For the variables total length and standard length; profile index and condition factor of post larvae there were not observed differences ($P > 0.05$) among diets. Among the studied variables, diets SBM₆₀PPM₄₀; SBM₆₀FM₄₀; and the combination of the four ingredients presented best performance. It was noted among protein sources evaluated, for fingerling and post larvae phases, a better assessment of FS₆₀FP₄₀ diets and SBM₆₀PPM₄₀ when combined with soybean meal, thereby fostering the growth of the fish.

Keywords: Animal; Juveniles; Post -larvae; Protein; Vegetable

3.1 Introdução

Com a expansão da aquicultura desde 1970, que atingiu taxas de crescimento de 8,8% anuais (FAO, 2007), aumentou também a necessidade por fontes de proteína de qualidade que venham ser utilizadas sem comprometer o desenvolvimento dos peixes. Entre as frações de nutrientes encontradas nos alimentos, a proteína é considerada a mais nobre, por ser intensamente utilizada na renovação de tecidos e deposição de músculo, que é o produto final desejado (WILSON, 2002). Devido à sua importância, explica-se o maior custo de aquisição de alimentos protéicos em relação aos demais.

Os Ingredientes protéicos de origem animal, principalmente a farinha de peixe e a farinha de carne e ossos, têm sido amplamente utilizados na alimentação de peixes (PEZZATO, 1995). Estes possuem alto teor protéico e balanço ideal em aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas, no entanto, alguns desses alimentos podem apresentar alta variação em sua composição, em termos de teores

de proteína, gordura, cinzas e aminoácidos, podendo variar, ainda, quanto à digestibilidade e à disponibilidade desses nutrientes, afetando a sua qualidade e podendo trazer prejuízo no desempenho dos peixes (ANDERSON et al., 1995; AKSNES et al., 1997; VERGARA et al., 1999).

Outra fonte bastante apreciada nas formulações de rações para peixes é a farinha de vísceras de aves, obtido a partir de resíduos da indústria avícola. Comumente, não contém penas e intestinos, mas pode conter pés, cabeças e carcaças descartadas (WILSON, 1995; NENGAS et al., 1999). As fontes de origem animal são ingredientes onerosos (GABER, 2006), induzindo a estudos com propósito de utilizar fontes de origem vegetal como substituto parcial ou total aos ingredientes de origem animal (EL-SAYED, 1999).

Alternativas possíveis são as proteínas vegetais, entre outros. Alguns alimentos, como o farelo de soja tem se destacado por apresentar valor biológico da proteína melhor entre as fontes de proteínas de origem vegetal usada como substituto de fontes de origem animal para peixes; sendo um dos ingredientes mais estudados na substituição da farinha de peixe (STOREBAKKEN et al., 2000); por ser mais barato quando comparado a farinha de peixe e apresentar grande disponibilidade (DAVIS; JIRSA; ARNOLD, 1995; CHOU et al., 2004; HEIKKINEN et al., 2006; REFSTIE et al., 2006; WANG et al., 2006; HERNÁNDEZ et al., 2007; MEURER et al., 2008), porém são relatados também, reverses com balanço de aminoácidos insuficientes e a presença de compostos secundários conhecidos como fatores antinutricionais (BERGAMIN, 2009).

Entre outras fontes vegetais, o farelo de coco é um subproduto da industrialização do coco, produzido em grande escala nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Podendo ser economicamente vantajoso como substituto das fontes usualmente empregadas em rações para animais como fonte energética e protéica na alimentação, sendo ainda uma fonte de nutrientes barata quando comparado a outros ingredientes usualmente utilizados nas rações de peixes, como o farelo de soja e a farinha de peixe, por exemplo, (SANTOS et al., 2009).

A tilápia do Nilo, (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de grande interesse na piscicultura atual, bastante versátil na piscicultura e das mais promissoras devido às características de rápido crescimento em criação intensiva, rusticidade, possui carne com características organolépticas apreciadas pelo consumidor e filé sem espinhos intramusculares (ALCESTE; JORRY, 1998; MEURER et al., 2008;

PONTES et al., 2010). Além disso, possui hábito alimentar onívoro, consumindo ração logo após o início da alimentação exógena desde a fase larval e utilizando eficientemente os carboidratos como fonte de energia (HANLEY, 1987; DEGANI; REVACH, 1991; MEURER et al., 2003), o que reduz os custos com a alimentação.

As tilápias utilizam eficientemente os alimentos de origem vegetal (PEZZATO, 2001), uma vez que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas como dentes faríngeos, pH estomacal ácido e intestino longo (KUBARIK, 1997). A atividade enzimática no intestino delgado permite a assimilação de polipeptídeos, de forma semelhante aos peptídeos de cadeia curta (TENGJAROENKUL et al., 2000).

Com o crescente uso de fontes alternativas na dieta de peixes e a necessidade de se estudar a contribuição destas fontes para o desenvolvimento dos animais, objetivou-se avaliar as diferentes fontes protéicas e suas combinações em relação a sua influência no crescimento de juvenis e pós-lavas.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Instalações experimentais

Foram utilizados juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundos de lotes diferentes da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e Parnaíba). O ensaio de desempenho de juvenis (I) foi conduzido no Setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – Rio Largo, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. O ensaio de desempenho de pós-larvas (II) foi conduzido no Laboratório de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – Rio Largo, no período de março de 2011 a abril de 2011. O município de Rio Largo está localizado na região leste do Estado de Alagoas, possui uma área total de 310 km², altitude média de 41 m e temperatura média anual de 25°C e economia com base na agroindústria (FRAGOSO JÚNIOR, 2010). A temperatura máxima é de 29°C e a mínima de 21°C, com pluviosidade média anual da ordem de 1.267,7 mm (CENTENO; KISHI, 1994).

3.2.2 Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas com base em quatro fontes de ingredientes protéicos: farelo de soja (FS), farelo de coco (FC), farinha de vísceras de aves (FVA) e farinha de peixe (FP) compondo cinco combinações diferentes de dietas: FS₁₀₀ – 100% FS; FS₆₀FC₄₀ – 60% FS e 40% FC; FS₆₀FVA₄₀ – 60% FS e 40% FVA; FS₆₀FP₄₀ – 60% FS e 40% FP e FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ – 19% FS, 10% FC, 10% FP e 11% FVA de forma que cada dieta substituisse o farelo de soja em 40% da proteína fornecida pela dieta FS₁₀₀ (Tabela 1).

As exigências nutricionais foram baseadas nas tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias conforme recomendações obtidas a partir dos resultados de diferentes autores, sendo adotada as exigências para tilápia com peso (<100g) Furuya et al. (2010).

As rações foram formuladas com auxílio de software (Super Crac 4.0®) de forma isoenergéticas (3.000 kcal de energia digestível) e isoprotéicas (29,73% de proteína bruta), conforme exigências sugeridas por (FURUYA et al., 1996; FURUYA et al., 2000; BOMFIM et al., 2008; BOTARO et al., 2007; GONÇALVES et al., 2009). Foram fornecidos aminoácidos sintéticos (DL-metionina, L-lisina e L- treonina) em função do valor médio da exigência de lisina digestível estimado em relação à porcentagem de proteína, conforme sugerido por (FURUYA et al., 2004a; FURUYA et al., 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010). As exigências nutricionais em relação à metionina foram seguidas de acordo por recomendações de (FURUYA et al. 2004b) e os valores médios de treonina foram apresentados em relação à lisina, com base em valores de aminoácidos digestíveis, sugeridos por (SILVA et al., 2006; BOMFIM et al., 2008; QUADROS et al., 2009). A concentração total de fósforo foi estabelecida pela concentração mínima de 0,72% de fósforo disponível (PEZZATO et al., 2006).

Os ingredientes foram finamente moídos, até atingirem diâmetro igual ou inferior a 1,0 mm. Na confecção das rações-teste, após pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescida água, na proporção de $\pm 30\%$ do peso total da ração. A mistura foi peletizada em moinho de carne e desidratada em estufa de ventilação forçada (55 °C), durante 24 horas, sendo posteriormente desintegrada em diâmetros entre 2 e 5 mm. Todas as rações foram armazenadas em frascos plásticos e conservadas ao abrigo da luz em ambiente refrigerado (-20 °C). Os ingredientes

utilizados foram analisados quanto à composição bromatológica (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY, 2000) para formulação das dietas.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais com diferentes fontes protéicas

	Dietas				
	FS ₁₀₀	FS ₆₀ FC ₄₀	FS ₆₀ FVA ₄₀	FS ₆₀ FP ₄₀	FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁
Ingredientes					
Farelo de soja	57,61	34,90	34,90	34,90	19,94
Farelo de coco	-	23,24	-	-	10,00
Far. vísceras de aves	-	-	12,50	-	11,23
Farinha de peixe	-	-	-	14,84	10,00
Milho	26,25	7,08	20,00	29,88	17,14
Farelo de trigo	4,71	13,00	18,00	18,00	15,90
Quirera de arroz	5,00	10,00	12,01	-	15,00
Fosfato bicálcico	3,12	3,02	1,32	0,751	-
Calcário calcítico	0,65	-	0,37	-	0,09
Óleo de soja	1,94	2,27	0,16	0,65	-
DL-metionina ^a	0,08	2,00	0,06	-	-
L-lisina ^b	-	2,00	-	-	0,02
L-Treonina ^c	0,03	1,88	0,06	0,36	0,07
Premix mineral e vitamínico ^d	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada					
Proteína bruta (%)	29,73	29,73	29,73	29,73	29,73
Energia digestível (kcal/kg)	3050	3000	3000	3011	3033
Gordura (%)	4,00	4,50	4,00	4,00	4,38
Cálcio	1,18	1,08	1,08	1,18	1,18
Fósforo	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Lisina total	1,70	2,80	1,58	1,65	1,53
Metionina	0,52	2,75	0,52	0,52	0,52
Treonina	1,18	2,75	1,18	1,51	1,18

^a DL- methionine, Sigma, USA

^b L- lysine mono-hydrochloride, Sigma, USA

^c L- Treonina

^d Composição do suplemento mineral e vitamínico, ingrediente kg⁻¹: Ferro 15.000 mg, Cobre 5.000 mg, Iodo 500 mg, Manganês 17.000 mg, Zinco 12.000 mg, Selênio 70 mg, veículo 1000 g, Vitamina A 12.000 UI, Vitamina D3 1500 UI, Vitamina E 50 mg, Vitamina K 4 mg, Vitamina B12 7 mg, Vitamina B2 7 mg, Ácido pantotênico 60 mg, Ácido nicotínico 120 mg, Cloreto de colina 600 mg, Metionina 700 mg, Antioxidante 500 mg, Veículo 1000 g.

3.2.3 Ensaio de desempenho com Juvenis

Duzentos juvenis com peso médio de $3,40 \pm 0,20$ g e $4,0 \pm 0,80$ cm de comprimento total foram distribuídas de forma a constituírem grupos homogêneos de indivíduos perfazendo cada unidade experimental com dez animais em vinte gaiolas flutuantes de policloreto de vinila atóxico (malha com abertura de 5 mm) contendo 150 L em um tanque de alvenaria de 3x10x2m. O sistema era provido de circulação aberto de água com vazão de 700 L/hora.

Os parâmetros de qualidade da água pH, oxigênio dissolvido e temperatura, foram monitorados diariamente e amônia total e alcalinidade total na água, semanalmente durante o período experimental. Determinou-se o momento de saciedade aparente quando os peixes apresentavam pouca atividade na superfície, natação no fundo em cardume e baixa atividade preensora. Durante o período experimental os peixes foram condicionados à alimentação *ad libitum* em três refeições diárias (08h00; 12h00 e 16h00) através de arraçoamento manual, distribuído diretamente nas gaiolas e determinando o momento de saciedade aparente quando os peixes apresentavam pouca atividade na superfície. O consumo das rações foi controlado por pesagem da ração oferecida, mensurado semanalmente por meio da pesagem do recipiente utilizado no armazenamento da ração e individualmente designado para cada gaiola. O experimento teve duração de 88 dias.

3.2.4 Ensaio de desempenho de pós-larvas

Trezentas pós-larvas de tilápia do Nilo com 20 dias de eclodidas sem separação por sexo, peso médio inicial de $0,07 \pm 0,02$ g e comprimento total médio $1,38 \pm 0,20$ cm foram distribuídas de forma a constituírem grupos homogêneos de indivíduos perfazendo cada unidade experimental com quinze animais, sendo a unidade experimental constituída por um aquário contendo 15L. Com duração experimental de 30 dias.

Foram utilizados comedouros os quais as duas extremidades eram unidas formando um círculo de fácil flutuação dentro dos aquários, melhorando assim, a retenção e diminuição do desperdício da ração.

Os aquários experimentais eram abastecidos por um sistema fechado de recirculação de água com biofiltro biológico e submetidos à aeração constante e difusores de ar. O fotoperíodo durante o período experimental foi de 12 horas sendo mantido com auxílio de lâmpadas fluorescentes de 160 w (220 v). Determinou-se o momento de saciedade aparente quando os peixes apresentavam pouca atividade na superfície, natação no fundo em cardume e baixa atividade preensora.

O período de adaptação às instalações foi de sete dias, durante o qual foram alimentados com ração experimental. No período experimental os peixes foram condicionados à alimentação correspondente a 10% do peso vivo do lote, em quatro refeições diárias (08h00; 11h00; 14h00 e 17h00), através de arraçoamento manual, distribuído diretamente nos aquários. O consumo das rações foi controlado por pesagem da ração oferecida, mensurado semanalmente por meio da pesagem do recipiente utilizado no armazenamento da ração e individualmente designado para cada unidade experimental.

Diariamente foi realizada a limpeza dos aquários por meio de sifonagem com renovação de 30% da água, porém antes deste processo eram feitas as análises de parâmetro de qualidade da água: oxigênio, pH, nitrito e amônia com a utilização de kits colorimétricos, e a temperatura da água através de termômetro com bulbo de mercúrio.

3.2.5 Coleta de amostras, cálculos e análises químicas

Ao final de cada período experimental, todos os peixes passaram por período de 24 horas de jejum, sendo retirados quatro juvenis ($n=4$) e três pós-larvas ($n=3$) de cada unidade experimental. Os animais foram selecionados aleatoriamente e sacrificados por choque térmico com gelo (0°C), até que tivessem parado por completo seus sinais vitais e pesados individualmente. Posteriormente, foi realizada a biometria de cada peixe, sendo então eviscerado para determinação do peso do filé e rendimento do filé. O desempenho e a retenção dos nutrientes foram avaliados considerando-se os seguintes parâmetros: ganho de peso (GP), consumo alimentar (CO), conversão alimentar (CA), fator de condição (FC), taxa de eficiência protéica (TEP), índice de perfil (IPERF).

- Ganho de peso (g) – GP

$$GP = P_f - P_i$$

- Conversão alimentar (%) – CA

$$CA = \frac{CT}{GP}$$

- Fator de condição – FC

$$FC = \frac{GP}{(CT)^3} \times 100$$

- Taxa de eficiência protéica – TEP

$$TEP = \frac{GP}{PBI}$$

- Proteína bruta ingerida – PBI

$$PBI = CT \times \text{proteína na dieta} \quad (\%)$$

- Índice de perfil- IPERF

$$IPERF = CP / ALTURA$$

Em que: P_i é peso inicial; P_f peso final; CT é consumo total de ração; PBI é total de proteína bruta ingerida.

As dietas experimentais e amostras dos tecidos de peixes foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral de acordo AOAC (2000).

3.2.6 Análise estatística

Utilizou-se para a distribuição dos tratamentos um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (dietas) e quatro repetições. Os dados de desempenho dos juvenis e pós-larvas foram analisados por análise de variância e a

comparação entre médias, realizada pelo teste de Tukey e significância 5% ($P < 0,05$). A análise dos dados foi realizada pelo aplicativo estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA, 2002).

3.3 Resultados

Ensaio com juvenis

Durante o período experimental dos juvenis os parâmetros de qualidade de água do sistema mantiveram-se dentro da faixa de conforto para a espécie, conforme estabelecida por Kubitzka (2000), com valores médios de temperatura, oxigênio dissolvido e pH de: $26,0^{\circ}\text{C} \pm 0,7$; $5,3 \text{ mg/L} \pm 0,2$; $6,9 \pm 0,2$, respectivamente.

A sobrevivência registrada durante o período experimental foi de 100%, não sendo observada rejeição às dietas experimentais pelos juvenis.

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios para as variáveis de desempenho.

Tabela 2 – Desempenho de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes fontes protéicas e suas combinações ao final dos 88 dias*

	Dietas					Prob	CV ¹	EMP ²
	FS ₁₀₀	FS ₆₀ FC ₄₀	FS ₆₀ FP ₄₀	FS ₆₀ FVA ₄₀	FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁			
Peso final	22,42 ^b	26,96 ^{ab}	30,45 ^a	31,71 ^a	31,48 ^a	0,0003	22,35	5,84
Ganho de peso	19,07 ^b	23,71 ^{ab}	27,10 ^a	28,51 ^a	28,13 ^a	0,0156	13,01	4,47
Consumo alimentar	46,50 ^a	52,17	49,28	49,58	47,60	0,2303	9,08	5,93
Conversão alimenntar	2,61 ^a	2,22 ^{ab}	1,86 ^{bc}	1,75 ^c	1,70 ^c	0,0009	7,78	0,44
Peso do filé	6,66 ^a	6,95 ^a	7,39 ^a	8,46 ^a	7,60 ^a	0,0899	17,83	1,34
Rendimento do filé	27,18 ^b	28,33 ^{ab}	30,49 ^a	30,48 ^a	29,17 ^a	0,0062	6,65	1,97
Índice de perfil	3,20 ^a	3,22 ^a	3,15 ^a	3,20 ^a	3,31 ^a	0,4145	7,39	0,16
Taxa de eficiência protéica	1,42 ^d	1,59 ^c	1,82 ^b	1,93 ^a	1,97 ^a	0,0001	2,84	0,19
Fator de condição	1,80 ^{ab}	1,75 ^b	1,88 ^a	1,74 ^b	1,74 ^b	0,0146	7,46	0,93

Médias (n=4) na mesma linha com diferentes sobrescritos são diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

¹CV = Coeficiente de variação

²Erro médio padrão

*FS₁₀₀ - Farelo de soja 100%; FS₆₀FC₄₀ - Farelo de soja 60% e farelo de coco 40%; FS₆₀FP₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de peixe 40%; FS₆₀FVA₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de vísceras de aves 40%; FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ - Farelo de soja 19%, farelo de coco 10%, farinha de peixe 10%, farinha de vísceras de aves 11%

Depois de 88 dias de alimentação com as diferentes fontes protéicas e suas combinações foram observadas diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis: peso final, ganho de peso, conversão alimentar, rendimento do filé, taxa de eficiência protéica e fator de condição. Em comparação com a dieta FS₁₀₀, as dietas FS₆₀FP₄₀; FS₆₀FVA₄₀ e a combinação dos quatro ingredientes apresentaram melhor desempenho no estudo. Para o peso final e ganho de peso as dietas FS₆₀FP₄₀; FS₁₉FC₁₀ FP₁₀FVA₁₁; FS₆₀FVA₄₀ e FS₆₀FC₄₀ apresentaram 31,71; 31,48; 30,45 e 26,96 gramas, respectivamente em relação à dieta FS₁₀₀ com o menor 22,42 gramas e 28,51; 28,31; 27,10, respectivamente para ganho de peso e menor para dietas com FS₁₀₀; 19,07 gramas.

Observou-se que as dietas compostas por FS₁₀₀ e a combinação FS₆₀FC₄₀ não diferiram para as variáveis de peso final, ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de filé e fator de condição. No entanto, não foi observada diferença entre o consumo alimentar, peso do filé e índice de perfil dos peixes alimentados com as diferentes fontes. Embora vários alimentos de origem animal sejam considerados como de alta atrativo-palatabilidade para a tilápia do Nilo não foi observada diferenças ($P > 0,05$) quanto ao consumo de ração entre os tratamentos.

Observou-se nesse estudo, menores valores de conversão alimentar com o uso das dietas FS₆₀FP₄₀ e a combinação FS₁₉FC₁₀ FP₁₀FVA₁₁ para os juvenis.

O máximo rendimento de carcaça foi observado nas dietas com FS₆₀FP₄₀ e a combinação de FS₁₉FC₁₀ FP₁₀FVA₁₁. O aumento no rendimento de carcaça e na produção de carne magra obtido em animais não-ruminantes geralmente é associado à suplementação das dietas com lisina e/ou treonina. O maior rendimento de filé para dietas com farinha de peixe pode ser explicado pelo fato de que a ração FS₆₀FP₄₀ apresenta melhor balanceamento dos aminoácidos e macro-minerais, permitindo melhor atendimento das exigências nutricionais dos peixes.

Ensaio com pós-larvas

Para o ensaio com pós-larvas os parâmetros de qualidade de água do sistema mantiveram-se dentro da faixa de conforto para a espécie, conforme estabelecido por (BOYD, 1990) com valores médios de temperatura, oxigênio dissolvido e pH de: 26,8°C ± 0,7; 5,1 mg/L ± 0,3; 6,9 ± 0,1, respectivamente.

Nesse estudo, não foi observado rejeição as dietas atingindo taxa de sobrevivência 100%.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios das variáveis de desempenho: peso final, ganho em peso (g), consumo alimentar (g), conversão alimentar (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), índice de perfil, taxa de eficiência protéica, fator de condição em pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas.

Tabela 3 – Desempenho de pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas aos 30 dias experimentais*

	Dietas					Prob	CV ¹	EMP ²
	FS ₁₀₀	FS ₆₀ FC ₄₀	FS ₆₀ FVA ₄₀	FS ₆₀ FP ₄₀	FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁			
Peso final	0,90 ^b	1,03 ^{ab}	1,20 ^a	1,11 ^{ab}	0,98 ^{ab}	0,0088	9,88	0,16
Ganho de peso	0,83 ^b	0,96 ^{ab}	1,13 ^a	1,05 ^{ab}	0,91 ^{ab}	0,0088	10,59	0,16
Consumo alimentar	1,74 ^a	1,46 ^b	1,52 ^b	1,44 ^b	1,50 ^b	0,0010	5,54	0,13
Conversão alimentar	2,10 ^a	1,51 ^b	1,36 ^b	1,38 ^b	1,68 ^b	0,0001	10,04	0,27
Comprimento total	3,36 ^a	3,56 ^a	3,65 ^a	3,67 ^a	3,49 ^a	0,1704	4,98	0,27
Comprimento padrão	2,59 ^a	2,76 ^a	2,86 ^a	2,92 ^a	2,79 ^a	0,1008	5,81	0,25
Índice de perfil	2,45 ^a	2,37 ^a	2,42 ^a	2,58 ^a	2,58 ^a	0,3940	7,39	0,28
Taxa de eficiência protéica	1,63 ^b	2,12 ^{ab}	2,50 ^a	2,47 ^a	2,02 ^{ab}	0,0114	15,23	0,71
Fator de condição	2,37 ^a	2,32 ^a	2,29 ^a	2,30 ^a	2,50 ^a	0,8102	11,76	0,43

Médias (n=4) na mesma linha com diferentes sobrescritos são diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05)

¹CV = Coeficiente de variação

²Erro médio padrão

*FS₁₀₀ - Farelo de soja 100%; FS₆₀FC₄₀ - Farelo de soja 60% e farelo de coco40%; FS₆₀FP₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de peixe 40%; FS₆₀FVA₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de vísceras de aves 40%; FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ - Farelo de soja 19%, farelo de coco 10%, farinha de peixe 10%, farinha de vísceras de aves 11%

Os resultados de peso final, ganho de peso, consumo alimentar, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica foram diferentes (P<0,05) para pós-larvas de tilápia do Nilo ao final do período experimental entre as dietas. Foram obtidos entre as dietas com FS₆₀FP₄₀; FS₆₀FVA₄₀; FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ maiores índices de desempenho em relação à dieta FS₁₀₀ depois de 30 dias de alimentação com as diferentes fontes protéicas e suas combinações.

Observou-se que as dietas compostas por FS₁₀₀ e a dieta com a combinação FS₆₀FC₄₀ não diferiram entre si para as variáveis de peso final, ganho de peso,

consumo alimentar e conversão alimentar, embora esta tenha valores superiores à dieta FS₁₀₀ com baixo desempenho.

A conversão alimentar dos animais alimentados com a dieta contendo FS₆₀FVA₄₀ foi melhor do que a dieta FS₁₀₀, entretanto não diferiu significativamente dos tratamentos FS₆₀FP₄₀; FS₆₀FC₄₀ e FS₁₉FC₁₀FVA₁₁FP₁₀ e com 1,36; 1,38; 1,51 e 1,68, respectivamente. O comprimento total e padrão; índice de perfil e fator de condição das pós-larvas não diferiram entre si ($P>0,05$).

3.4 Discussão

O fornecimento de proteína dietética aquém da necessidade mínima resulta em diminuição ou interrupção do crescimento e na mobilização de proteína de tecidos menos vitais (músculo, por exemplo) para manutenção das funções vitais, resultando assim em perda de peso pelos animais. Existem muitos fatores que influenciam na exigência protéica dos peixes. Quanto à temperatura da água, os peixes exigem maior aporte de proteína para um ótimo crescimento sob temperaturas de conforto térmico (MEURER et al., 2007; VAN HAM et al., 2003; CHO et al., 2005); quanto a taxa de arraçoamento, os peixes alimentados *ad libitum* todos têm acesso à dieta, exigindo assim menor concentração de proteína, se comparado com a alimentação controlada, na qual nem todos os peixes consomem a mesma quantidade de alimento (ARZEL et al., 1998); quanto ao tamanho do peixe, os peixes jovens exigem maior porcentagem de proteína para crescimento do que peixes adultos (EINEN; ROEM 1997). A qualidade da fonte protéica também tem grande influência na exigência protéica dos peixes (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001; WATANABE, 2002).

Observando os resultados obtidos no presente estudo do experimento com juvenis é possível inferir que as diferentes combinações de fontes protéicas em relação à dieta constituída com FS₁₀₀, apresentaram melhor eficiência em relação às variáveis avaliadas favorecendo assim o desempenho dos juvenis. Resultados similares foram observados no experimento com pós-larvas quando alimentadas com diferentes fontes protéicas.

Outros trabalhos avaliando a substituição de fontes de origem animal por origem vegetal foram relatados com tilápia do Nilo (BOSCOLO et al., 2001; SOUZA

et al., 2004; GAIOTO et al., 2004; MEURER et al., 2005; GODA et al., 2007; MEURER et al., 2008; SANTOS et al., 2009).

Geralmente, a melhora nos parâmetros de desempenho produtivo com a utilização de rações com fonte protéica de origem animal deve-se ao perfil adequado dos aminoácidos e aumento nos teores de minerais disponíveis das rações, devido à inclusão das fontes de proteína animal (MEER et al., 1995; MAZID et al., 1997; STOREBAKKEN, 1998; SUGIURA, 1998; GALDIOLI et al., 2000), de modo que, um desbalanço em aminoácidos essenciais na composição das dietas poderá afetar a conversão alimentar por meio de redução do aproveitamento de proteína na dieta e conteúdo dietético de aminoácidos (SISSEL et al., 2006).

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 (MEER et al., 1995; MAZID et al., 1997; GALDIOLI et al., 2000).

Fernandes et al. (2000) relata que a farinha de peixe, devido ao seu elevado valor nutritivo e palatibilidade, tem sido tradicionalmente utilizada nas rações comerciais para peixes. Recentes trabalhos demonstraram a possibilidade de se utilizar rações isentas de farinha de peixe, desde que suplementadas com aminoácidos essenciais, como demonstrados por Ketola (1982); Olli et al. (1995) e Davies et al. (1997).

Furuya et al. (2004) inferem que o farelo de soja quando adicionado à ração como fonte protéica, além da metionina e da lisina, deve-se considerar, ainda, o aminoácido treonina. Embora em nosso estudo, a dieta composta com FS₁₀₀ foi suplementada com os aminoácidos acima citados, metionina e treonina, não foi possível observar resultados superiores aos demais tratamentos.

Por outro lado, resultados divergentes aos obtidos nesse trabalho foram encontrados por Mendonça et al. (1993) que não observaram diferença no desempenho para indivíduos de matrinxã (*Brycon cephalus*) alimentados com dietas com e sem farinha de peixe e por Galdioli et al. (2000) que trabalharam com alevinos de curimatã (*Prochilodus lineatus*), submetendo-os a rações, tendo o farelo de soja como fonte protéica e outra com 19,60% de inclusão de farinha de peixe e não observaram diferenças no ganho de peso e conversão alimentar.

Importante destacar que a eficiência da utilização de misturas de origem vegetal pode mudar consideravelmente de acordo com o tipo e a qualidade dos farelos incorporados nas dietas. Segundo Hayashi et al. (1999), mais de 90,00% dos alimentos utilizados nas formulações de rações são compostos por grãos ou subprodutos vegetais. As tilápias utilizam eficientemente os alimentos de origem vegetal (PEZZATO, 2001), uma vez que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas como dentes faríngeos, pH estomacal ácido e intestino longo (KUBARIK, 1997). A atividade enzimática no intestino delgado permite a assimilação de polipeptídeos, de forma semelhante aos peptídeos de cadeia curta (TENGJAROENKUL et al., 2000).

Os peixes de hábito alimentar onívoro, alimentados com rações completas formuladas com fontes protéicas de origem vegetal, apresentam bom desempenho ou até superior, quando comparados com os alimentados com rações contendo fontes de origem animal, como observado com o matrinxã (Mendonça et al., 1993) e a tilápia (Shiau et al., 1997; Wu et al., 1999). O uso de fontes vegetais na formulação de rações permite a obtenção de dietas menos poluentes e mais econômicas, pois, além da alta concentração de fósforo e nitrogênio.

Para espécie estudada observou-se que o uso da combinação farelo de soja e farelo de coco (FS₆₀FC₄₀) apresenta-se superior a dieta contendo FS₁₀₀, não diferindo entre os demais tratamentos em relação a todas variáveis estudadas.

A adição de farelo de coco no presente estudo vem como fonte protéica pelo fato, sobretudo de sua disponibilidade na região nordeste (BARRETO et al., 2006) e destaque para algumas espécies o qual demonstram que seu uso não afeta o desempenho dos peixes. Nesse estudo, foi observado que a dieta FS₆₀FC₄₀ apresentou para todas variáveis resultados superiores em relação a FS₁₀₀. Watanabe e Pongmaneerat (1993) inferem que a combinação de dois ou mais ingredientes de origem vegetal pode levar a uma complementação de aminoácidos, e ao mesmo tempo, com menor inclusão de cada ingrediente, poderia haver redução da quantidade de fatores antinutricionais.

Lemos et al. (2011) avaliaram o desempenho produtivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentado com diferentes níveis de farelo de coco (0, 25, 50 e 100%) em substituição ao farelo de soja. No estudo os autores não observaram diferença significativa entre os tratamentos para o ganho em peso diário, consumo diário de ração, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento

específico, taxa de eficiência protéica e rendimento de filé. Concluíram que a inclusão de farelo de coco na dieta do tambaqui não interfere no desempenho e na qualidade de carcaça dos animais, com ocorrência de alterações somente no índice hepatossomático e índice de gordura visceral.

Pezzato et al. (2000) trabalhando com tilápia do Nilo, não observaram diferença significativa ($P>0,05$) quando utilizaram em níveis de até 33% de farelo de coco inclusos na dieta, nos índices de desempenho zootécnico e, também, não foram constatados efeitos antinutricionais. Os autores sugeriram que outro trabalho sejam realizados com este subproduto com a finalidade de avaliar maiores níveis de inclusão.

Santos et al. (2009) e Lemos et al. (2011) mostram que a substituição do farelo de soja por farelo de coco permite a elaboração de dietas mais viáveis economicamente com valores entre 15% e 25%, respectivamente.

Neste experimento, o uso de farelo de coco em nível superior aos demais trabalhos pode-se observar que as pós-larvas respondem eficientemente quando combinados as duas fontes protéicas.

Alguns autores têm inferido que o uso de fontes vegetais reduz a aceitação devido à palatabilidade dos ingredientes. Kissil et al. (2000) e Aragão et al. (2003) relatam que a redução da aceitação da dieta quando fornecido 100% de farelo de soja em relação às dietas com as diferentes combinações resultando na redução do desempenho.

Pereira da Silva e Pezzato (2000) testando a palatabilidade de alguns ingredientes utilizados na alimentação de tilápia estabeleceram a seguinte classificação: baixa atratopalatabilidade, media atratopalatabilidade e alta atratopalatabilidade dentre as fontes de origem animal, a farinha de peixe foi avaliada como uma das mais palatáveis. É sugerido que os resultados neste trabalho estejam relacionados à alta atratopalatabilidade dos ingredientes de origem animal. Tendo em vista que em ambos os experimentos, os juvenis e pós-larvas apresentaram maiores índices de desempenho relacionados as dietas compostas por FS₆₀FP₄₀ e FS₆₀FVA₄₀. No presente ensaio não foi avaliada a taxa de ingestão de alimentos pelos peixes.

Estudos inferem a substituição parcial ou total de farinha de peixe com a utilização de farinha de vísceras de aves (FOWLER, 1991; WILSON, 1995; MAZID et al., 1997; EL-SAYED, 1999; BUREAU et al., 2000). A farinha de vísceras de aves

apresenta coeficiente de digestibilidade aparente das proteínas de 82%, com valor de 48% de proteína digestível, apresentando potencial para sua utilização como ingrediente de rações para tilápias (MEURER et al., 2003).

No ensaio com juvenis não foi observado efeito significativo sobre o consumo com as diferentes fontes protéicas. No entanto, as pós-larvas apresentaram efeito significativo entre as dietas, obtendo maior consumo alimentar quando as pós-larvas foram alimentadas com dieta FS100. Resultados divergentes foram observados por Fabregat et al. (2006), em estudo com apaiari (*Astronotus ocellatus*). Os autores trabalharam com diferentes níveis de substituição (0, 50 e 100%) da farinha de peixe (FP) pelo farelo de soja (FS), com três níveis de proteína bruta (28, 30 e 32) e observaram que a fonte protéica afetou o ganho de peso e o consumo de ração para as dietas contendo 0%FP em relação aos demais tratamentos.

No mesmo sentido, Pezzato (1995) em estudo com truta (*Oncorhynchus mykiss*) concluindo o uso do farelo de soja como substituto em até 50% de farinha de peixe.

Os resultados deste experimento também estão de acordo com os encontrados por Souza et al. (2004), que verificaram que o farelo de soja é uma fonte protéica adequada para substituição da farinha de peixe no nível de 50% para tilápias do nilo durante a fase de reversão sexual.

A discrepância entre os pesquisadores quanto ao uso de farelo de soja como fonte de proteína para os peixes pode estar também relacionada com a qualidade e processamento de farelo de soja, a variação da formulação da dieta, e as diferenças entre as espécies de peixes. As principais limitações no uso do farelo de soja são atribuídas ao baixo nível de metionina (WILSON & POE, 1985; OLLI et al., 1994).

Em contraste, vários estudos tem apresentado considerável sucesso com a substituição parcial (40-75%) ou total de farinha de peixe por farelo de soja entre várias espécies de peixes. (KAUSHIK et al., 1995; ESCAFFRE et al., 1997; MÉDALE et al., 1998; MAMBRINI et al., 1999; ARAGÃO et al., 2003), tendo em vista que peixes respondem diferentemente à adição de soja.

Peixes onívoros de água doce quando alimentados com farelo de soja desengordurado como única fonte protéica crescem muito bem tão quanto quando recebem dietas com farinha de peixe, se os aminoácidos essenciais foram suplementados (VIOLA et al., 1982). Tilápias, embora sejam onívoras, apresentam

redução no crescimento e eficiência protéica quando a farinha de peixe é substituída totalmente por farelo de soja (SHIAU et al., 1989).

O conteúdo de fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina, lecitinas, antígenos de soja, antivitaminas, saponinas, fitatos, oligossacarídeos, e fitoestrógenos, são os maiores impecílhos para maior utilização de produtos de soja em dietas para peixes (FRANCIS et al., 2001; NRC, 1993; OLLI et al., 1995; SIDDHURAJU; BECKER, 2005; STOREBAKKEN et al., 2000, LUO et al., 2006). Entre estes, os inibidores de tripsina, as lecitinas e as antivitaminas são termo lábeis que podem ser destruídos por tratamento térmico (FRANCIS et al., 2001).

A influência da fibra no desempenho de peixes é ainda pouco estudada, podendo estar relacionada com a sua composição percentual em celulose, hemicelulose, lignina e sílica, entre outros. Hayashi et al. (2000), estudando a influência de diferentes fontes de fibra no desempenho de alevinos revertidos de tilápia do Nilo, verificaram diferenças entre os tratamentos, encontrando melhores resultados de ganho de peso para os alevinos alimentados com rações contendo sabugo de milho e bagaço de cana hidrolisado, em relação a rações contendo bagaço de cana e a casca de arroz como fontes de fibra.

A variação de fibra bruta nas dietas experimentais no presente estudo apresentou valores entre 4,07 a 6,46% devido ao farelo de coco apresentar alto teor de fibra bruta de (10% a 13%), sendo que esta interfere com a adequada utilização da proteína além de alterar a densidade da ração e tem alta capacidade relativa de absorção de água (PANIGRAHI, 1992).

A importância da fibra no total da exigência energética varia bastante conforme a espécie, a idade e o estado fisiológico dos animais, e em alguns cultivos sua presença fica condicionada a percentagem que esta se apresenta no alimento.

No ensaio com juvenis foram observados, que os melhores valores de rendimento de filé foram obtidos pelos peixes que receberam a dieta FS₆₀FP₄₀ com 30,48% em relação à dieta FS₁₀₀ 27,18% com menor rendimento. Isso pode ser explicado pelo fato de a ração contendo farinha de peixe apresentar melhor perfil de aminoácidos essenciais e também por ela melhorar os níveis de cálcio e fósforo, permitindo, dessa forma, melhor requerimento das exigências nutricionais e, conseqüentemente, melhores características de carcaça para esta fase. Outro fator que deve ser destacado é que não há necessidade da inclusão da lisina sintética

nas rações com inclusão de farinha de vísceras de aves e que, a partir da inclusão de 40% de FVA, os valores de desempenho permanecem semelhantes.

O fornecimento de proteína dietética aquém da necessidade mínima resulta em diminuição ou interrupção do crescimento e na mobilização de proteína de tecidos menos vitais para manutenção das funções vitais, resultando assim em perda de peso pelos animais. Tilapias, embora sejam onívoras, apresentam redução no crescimento e eficiência protéica quando a farinha de peixe é substituída totalmente por farelo de soja (SHIAU et al., 1989).

Neste estudo, o comprimento total e padrão; índice de perfil e fator de condição em juvenis e pós-larvas não foram afetados, embora a dieta fornecida com FS₁₀₀ apresentou menor crescimento e com isso índices zootécnicos foram também reduzidos.

3.5 Conclusão

A qualidade das fontes pode ser um fator que limite um melhor aproveitamento pelos peixes em suas diferentes fases. Observou-se que fontes protéicas quando combinadas podem apresentar resultados superiores quando utilizada farelo de soja como principal fonte protéica na formulação. Para juvenis e pós-larvas as combinações FS₆₀FP₄₀ e FS₆₀FVA₄₀ foram mais apreciadas; favorecendo assim, o crescimento dos peixes e seu melhor desempenho. O uso do farelo de coco quando combinado com farelo de soja, possibilita a utilização com maior eficiência dos índices de desempenho.

Referências

AKSNES, A.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAIANA, L. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 153, n. 3/4, p. 251-261, 1997.

ALCESTE, C.; JORRY, D. Análisis de las tendencias actuales en comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Union Europea. In: CONGRESSO SULAMERICANO DE AQUICULTURA, 1998, Recife, **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p. 349.

ANDERSON, S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 138, n. 1/4, p. 291-301, 1995.

ARAGÃO, C.; CONCEIÇÃO, L.E.C.; DIAS, J.; MARQUES, A.C.; GOMES, E.; DINIS, M.T. Soy protein concentrate as a protein source for Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) diets: effects on growth and amino acid metabolism of postlarvae. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 1443–1452, 2003.

ARZEL, J.; METAILLER, R.; LE GALL, P.; GUILLAUME, J. Relationship between ration size and dietary protein level varying at the expense of carbohydrate and lipid in triploid brown trout fry, *Salmo trutta*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 162, n. 3/4, p. 259-268, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 14th ed. Washington, AOAC International, 2000. 1025 p.

BARRETO, S.C.S.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; NASCIMENTO, R.F.; ARAUJO, R.S.R.M.; AMORIM, A.G.N. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. Pesquisa. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1767-1773, 2006.

BERGAMIN, G.T. **Fontes protéicas de origem vegetal em dietas para juvenis de carpa Húngara (*Cyprinus carpio*)**. 2009. 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S.; RIBEIRO, F.B.; TAKISHITA, S.S. Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 783-790, 2008.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B.; SOUZA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1-8, 2010.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SOARES, C.M. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atráctantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 2001.

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. London: Birmingham Publ., 1990. 482 p.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína em dietas para a tilápia-do-nilo (*oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede, pela suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 517-525, 2007.

BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; BEVAN, D.J.; SIMMONS, L.A.; AZEVEDO, P. A.; CHO, C.Y. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 181, p. 281–291, 2000.

CENTENO, J.A.S.; KISHI, R.T. **Recursos hídricos do estado de Alagoas**. Maceió: Secretaria de Planejamento, Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos, 1994. 41 p.

CHO, S.H.; LEE, S.M.; LEE, S.M.; LEE, J.H. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 235-240, 2005.

CHOU, R.L.; HER, B.Y.; SU, M.S.; HWANG, G.; WU, Y.H.; CHEN, H.Y. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juveniles cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 229, p. 325-333, 2004

DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 28, p. 65-74, 1997.

DAVIS, D.A.; JIRSA, D.; ARNOLD, C.R. Evaluation of soybean proteins as replacements by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on the Red Drum *Sciaenops ocellatus*. **Journal of the World aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, n. 1, p. 48-58, 1995.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: Carp, *Cyprinus carpio* L. Tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus* and African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell 1822. **Aquaculture and Fisheries Management**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 397-403, 1991

EINEN, O.; ROEM, J.A. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 115–126, 1997.

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

ESCAFFRE, A.M.; INFANTE, J.L.Z.; CAHU, C.L.; MAMBRINI, M.; BERGOT, P.; KAUSHIK, S.J. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 153, p. 63-80, 1997.

FABREGAT, T.E.H.P.; FERNANDES, J.B.K.; RODRIGUES, L.A.; RIBEIRO, F.A.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de apaiari (*Astronotus ocellatus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 28, p. 477-482, 2006.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture. 2006**. Rome, 2007. 162 p.

_____. **FAOSTAT Statistical Database**. 2009. Disponível em:
<<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 646-653, 2000.

FORSYTHE, W.A. Soy protein, thyroid regulation and cholesterol metabolism. **Journal of nutrition**, Bethesda, v. 125, p. 6195-6235, 1995.

FOWLER, L.G. Poultry by-product meal as dietary protein source in full Chinook salmon diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 99, p. 309-321, 1991.

FRAGOSO JÚNIOR, C.R.; PEDROSA, V.A.; DE SOUZA, V.C.B. Reflexões sobre a cheia de junho de 2010 nas Bacias do Rio Mundaú e Paraíba. In: SIMPÓSIO REGIONAL BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 10., 2010, Fortaleza. Disponível: <http://www.ctec.ufal.br/professor/vap/Cheia2010.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2011.

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

FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: AQUAFAIR, 2007. p. 121-139.

_____. **Tabelas brasileiras para a Nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1125-1131, 2001.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; HAYASHI, E C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1571-1577, 2004a.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M. Exigências de proteína para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; MURAKAMI, A.E.; RIBEIRO, R.P. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase inicial. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Maringá, v. 18, p. 307-319, 1996.

FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; BOTARO, D.; SAKAGUTI, E.S.; FURUYA, V.R.B. Exigências de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1933-1937, 2004b.

GABER, M.M. The effects of plant-protein-based diets supplemented with Yucca on growth, digestibility, and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 74-81, 2006.

GAIOTO, J.R.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; FERNANDES, T.R. Farelo de canola para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, p. 15-19, 2004.

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**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 471-477, 2000.

GODA, A.M.; EL-HAROON, E.R.; KABIR, M.A. Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 279-287, 2007.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; ROSA, M.J. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do-nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2289-2298, 2009.

HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 66, p. 163-179, 1987.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 733-737, 1999.

HAYASHI, C.; MEURER, F.; BOSCOLO, W.R. Fontes de fibra no desempenho de alevinos de tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, p. 689-694, 2000.

HEIKKINEN, J.; VIELMA, J.; KEMILAINEN, O.; TIROLA, M.; ESKELINEN, P.; KIURU, T.; NAVIA-PALDANIUS, D.; WRIGHT, A.V. Effects of soybean meal based diet on growth of trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, p. 259-268, 2006.

HERNANDEZ, M.D.; MARTÍNEZ, F.J.; JOVER, M.; GARCIA, G.B. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 263, p. 159-167, 2007.

KAUSHIK, S.J.; CRAVEDI, J.P.; LALLE`S, J.P.; SUMPTER, J.; FAUCONNEAU, B.; LAROCHE, M. Partial or total replacement of fish meal by soya protein on growth,

protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 133, p. 257– 274, 1995.

KETOLA, H.G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation's of diets. **Comparative Biochemistry and Physiology. A**, New York, v. 73, n. 1, p. 17-24, 1982.

KISSIL, G.W.; LUPATSSCH, I.; HIGGS, D.A.; HARDY, R.W. Dietary substitution of soy and repeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, p. 595-601, 2000.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285 p.

KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, Mount Morris, v. 6, p. 16-18, 1997.

LEMOES, M.V.A.; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 188-198, 2011.

LUO, L. ; WU, X. ; CAI, X. ; CAO, H. ; LIANG, Y. Partial or total replacement of fishmeal by solvent-extracted cottonseed meal in diets of juvenile rainbow trout *oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 12, p. 418-424, 2006.

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

MAZID, M.A.; ZAHAR, M.; BEGUM, N.N.; ALI, M.Z.; NAHAR, F. Formulation of cost-effective feeds from locally available ingredients for carp polyculture system for increased production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, n. 1/4, p. 71-78, 1997.

MEDALE, F.; BOUJARD, T.; VALLEE, F.; BLANC, D.; MAMBRINI, M.; ROEM, A.; KAUSHIK, S.J. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. **Aquaculture Living Resources**, Nantes, v. 11, p. 239-246, 1998.

MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 901-909, 1995.

MENDONÇA, J.O.J.; SENHORINI, J.A.; FONTES, N.A.A. Influência da fonte protéica no crescimento do matrinhã (*Brycon cephalus*) Günther, 1869 (TELEOSTEI, CHARACIDAE), em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1397-1402, 1993.

MEURER, F.; HAYASHI, C. Polissacarídeos não-amilásceos na nutrição de peixes - revisão. **Arquivos de Medicina Veterinária e Zoologia da Unipar**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 127-138, 2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003. Supplement 2.

MEURER, F.; BARBERO, C.H.L.M.; SANTOS, L.D.; BOMBARDELLI, R.A.; COLPINI, L.M.S. Farelo de soja na alimentação de tilápias-do-nilo durante o período de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 791-794, 2008.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SCHAMBER, SANTOS, L.D.; WOLF, L.; COLPINI, L.M.S. Exigência de proteína digestível para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em baixa temperatura. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2007.

NENGAS, L.; ALEXIS, M.N.; DAVIES, S. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, p. 13-23, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy, 1993. 114 p.

OLLI, J.J.; HJELMELAND, K.; KROGDAHL, A. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L): effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 109, n. 4, p. 923-928, 1994.

OLLI, J.J.; KROGDAHL, A.; VABENO, A. Dehulled solvent extracted soybean meal as protein source for Atlantic salmon *Salmo salar*. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 26, p. 167-174, 1995.

PANIGRAHI, S. Effects of different copra meals and amino acid supplementation on broiler chick growth. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 33, n. 3, p. 683-687, 1992.

PEZZATO, L.E. **Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para a indústria da nutrição de peixes e crustáceos**. Campinas: CBNA, 1995. 166 p.

_____. **Digestibilidade em peixes**. 2001. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; ROSA, M.J.S.; GUIMARÃES, I.G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1600-1606, 2006.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; PEZZATO, A.C.; FURUYA, W.M. Valor nutritivo do farelo de coco para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 695-699, 2000.

PEREIRA-DA-SILA, E.M.; PEZZATO, L.E. Respostas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1273-1280, 2000

PONTES, E.C.; OLIVEIRA, M.M.; ROSA, P.V.; FREITAS, R.T.; PIMENTA, M.E.S.G.; RODRIGUES, P.B. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1626-1632, 2010.

QUADROS, M.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; RIBEIRO, F.B.; TAKISHITA, S.S. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1400-1406, 2009.

REFSTIE, S.; FORDE-SKJAERVIK, O.; ROSENlund, G.; RORVIK, K.A. Feed intake, growth and utilization of macronutrients and amino acids by 1- and 2 year old Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed standard or bioprocessed soybean meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v.255, p.279-291, 2006.

RILEY, W.W.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S. Influence of dietary amino acid composition on thyroid function of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 112, p. 253-269, 1993.

SANTOS; E.L.; LUDKE, M.C.M.; BARBOSA, J.M.; BOA-VIAGEM, C.; LUDKE, R.J.V. Digestibilidade aparente do farelo de coco e resíduo de goiaba pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 175-180, 2009.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide, versão 9.2. Cary, 2002.

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

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Nutritional and antinutritional composition, in vitro amino acid availability, starch digestibility and predicted glycemic index of differentially processed mucuna beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): an under utilized legume. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 91, p. 275-286, 2005.

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA, T.S.C.; SALES, P.J.P. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1358-1264, 2006.

SISSEL, A.; HARALD, M.; AKSNES, A. Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, p. 626-640, 2006.

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

STOREBAKKEN, T.; REFSTIE, S.; RUYTER, B. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: DRACKLEY, J.K. (Ed.). **Soy in animal nutrition**. Savoy: Feed Animal Science Societies, 2000. p. 127–170.

STOREBAKKEN, T.; SHEARERB, K.D.; ROEM, A.J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentratebased diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, n. 3/4, p. 365-379, 1998.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 159, p. 177-202, 1998.

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

TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T.; SMITH, S.A. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 317-327, 2000.

VAN HAM, E.H.; BERNTSSEN, M.H.G.; IMSLAND, A.K.; PARPOURA, A.C.; BONGA, S.E.W.; STEFANSSON, S.O. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 217, p. 547–558, 2003.

VERGARA, J.M.; LOPEZ-CALERO, G.; ROBAINA, L. Growth, feed utilization and body lipid content of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed increasing lipid levels and fish meals of different quality. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, n. 1/4, p. 35-44, 1999.

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

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, Tokyo, v. 68, p. 242–252, 2002.

WATANABE, T.; PONGMANEERAT, J. Potential of soybean meal as protein source in extruded pellets for rainbow trout. **Nippon Suisan Gakkaishi**, Tokyo, v. 59, p. 1415–1423, 1993.

WILSON, R.P. Fish feed formulation and processing. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTRÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1995. p. 171.

_____. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2002. chap. 3, p. 144-179.

4 COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE ^{13}C E ^{15}N NO TECIDO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADA COM DIFERENTES FONTES PROTÉICAS

Resumo

O presente estudo objetivou-se avaliar a constituição dos isótopos naturais de carbono e nitrogênio dos tecidos nas fases, juvenil e pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas por meio da técnica de espectrometria de massa. Avaliaram-se quatro ingredientes protéicos, farelo de soja (FS), farelo de coco (FC), farinha de vísceras de aves (FVA) e farinha de peixe (FP), os quais constituíram cinco diferentes combinações: FS₁₀₀ – 100% FS; FS₆₀FC₄₀ – 60% FS e 40% FC; FS₆₀FVA₄₀ – 60% FS e 40% FVA; FS₆₀FP₄₀ – 60% FS e 40% FP e FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ – 19% FS, 10% FC, 10% FP e 11% FVA. Juvenis de tilápia do Nilo com peso médio de $3,4 \pm 0,20\text{g}$ e pós-larvas com peso médio inicial de $0,07 \pm 0,020\text{g}$ foram alimentadas com dietas isoenergéticas (3.000 kcal de energia digestível) e isoprotéicas (29,73% de proteína bruta). Amostras de músculos dos juvenis e pós-larvas inteiras foram coletadas e mensuradas a composição isotópica de carbono e nitrogênio. Em ambos os experimentos, tanto os juvenis como as pós-larvas atingiram o equilíbrio isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ com suas respectivas dietas, permitindo assim que estes fossem usados para estimar a quantificação de nitrogênio e carbono incorporada no tecido, com excessão para a dieta FS₆₀FC₄₀. Em ambos os experimentos, a maior porcentagem de nitrogênio no músculo e carcaça total foram obtidos pelas dietas com farinha de peixe (FS₆₀FP₄₀) e farinha de vísceras de aves (FS₆₀FVA₄₀), com contribuição de quase todo nitrogênio na fase pós-larva pela dieta FVA (97,13%). Posteriormente, para experimento de digestibilidade, 2500 juvenis com peso médio de $5,0 \pm 1,0\text{g}$ foram utilizados para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA,%) de componentes de origem C₃ e C₄ contidos nas dietas experimentais no período de 40 dias. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nas fezes após 40 dias diferiram de 0,5 a 3,5‰. Os valores de CDA dos constituintes das dietas experimentais dos juvenis apresentaram valores inferiores para os componentes de origem C₃ em relação aos de origem C₄. A avaliação dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em abundância natural contidos nos ingredientes protéicos permitiu a estimativa das contribuições de nitrogênio diferenciais entre farelo de soja, farelo de coco, farinha de peixe e farinha de vísceras de aves para o crescimento de alevinos e pós-larvas de tilápia do Nilo. Diferenças na composição isotópica dos diferentes elementos sugerem que a incorporações dos nutrientes são relacionados à melhor qualidade da dieta. Neste contexto, a avaliação da incorporação de nutrientes através da utilização de isótopos estáveis gera informação em diferentes condições nutricionais quando avaliando novas dietas para tilápia do Nilo nas fases juvenil e pós-larva, como observado na digestibilidade da mistura de plantas C₃ e C₄.

Palavras-chave: Carbono; Desenvolvimento; Isótopos; Nitrogênio

Abstract

The present study aimed to evaluate the composition of naturally occurring isotopes of carbon (^{13}C) and nitrogen (^{15}N) of tissue in juveniles and post larvae stages of Nile tilapia fed with different protein sources by means of mass spectrometry technique. It was evaluated four protein sources, soybean meal (SBM), coconut meal (CM), poultry product meal (PPM), meal and fish meal (FM), composed five different combinations of diets: SBM₁₀₀ – 100% SBM; SBM₆₀CM₄₀ – 60% SBM e 40% CM; SM₆₀PPM₄₀ – 60% SBM e 40% PPM; SBM₆₀FM₄₀ – 60% SBM e 40% FM and SBM₁₉CM₁₀FM₁₀PPM₁₁ – 19% SBM, 10% CM, 10% FM and 11% PPM. Nile tilapia juvenile fish with an average weight of $3.4 \pm 0,20$ g and post larvae with average initial weight of $0.07 \pm 0,020$ g were fed with isoenergetic (3,000 kcal of digestible energy) and isoproteic (29.73% crude protein) diets. Samples of fingerling muscles and the entire post larvae fish were collected and measured the carbon and nitrogen isotope composition. In both experiments, both fingerling and post larvae reached the isotopic equilibrium of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ with their respective diets, thus allowing these to be used for estimating the quantification of nitrogen and carbon incorporated into tissue, with exception for the FS₆₀FC₄₀ diet. In both experiments, the highest percentage of nitrogen in the muscle and total carcass were obtained by diets with fishmeal (SBM₆₀FM₄₀) and poultry products (SM₆₀PPM₄₀), with a contribution of almost all nitrogen for post larvae stage by FVA diet (97.13%). In another assay, 2,500 fingerlings with an average weight of $5.0 \pm 1,0$ g were used for determination of the apparent digestibility coefficient (CDA, %) of source components C₃ and C₄ contained in the experimental diets, after 40 days trail. $\delta^{13}\text{C}$ values found in the faeces after 40 days differed from 0.5 to 3.5‰ for C₃ and C₄ sources. The values of CDA constituents of experimental diets of fingerling showed lower values for source components C₃ in respect of C₄ origin. The evaluation of stable isotopes of carbon and nitrogen contained in protein ingredients permitted the estimation of differential nitrogen between soybean meal, coconut meal, fish meal and poultry products meal for the growth of fingerlings and post larvae of Nile tilapia. Differences in isotopic composition of different elements suggested that the intakes of nutrients may be related to better quality diet. In this context, the evaluation of the incorporation of nutrients through the use of stable isotopes generates information under different nutritional conditions when evaluating new diets for fingerlings and post larvae of Nile Tilapia, as observed with the digestibility of mixture of C₃ and C₄ plants.

Keywords: Carbon; Development; Isotopes; Nitrogen

4.1 Introdução

No Brasil, vários alimentos de origem vegetal podem ser utilizados com sucesso na alimentação de peixes e substituir parcial ou totalmente os alimentos de origem animal tradicionalmente utilizados nas rações para aquicultura. Diversas pesquisas vem sendo realizadas com objetivo de avaliar fontes alternativas de proteínas disponíveis regionalmente como substitutos parciais ou totais nas

formulações de rações à base de farinha de peixe, permitindo assim, redução nos custos (ALLAN et al., 2000; DENG et al., 2006; GLENCROSS et al., 2007; LEE et al., 2002; PORTZ, CYRINO; 2004; AI et al. 2006; LIM et al., 2009). A substituição da farinha de peixe por outra fonte de proteína serviria então para amenizar a pressão sobre os estoques pesqueiros que vem declinando (HU et al., 2008; CHONG et al., 2002; FONTAÍNHAS-FERNANDES et al., 1999; KAUSHIK et al., 2004; STONE et al., 2000) e na contribuição para a redução dos custos de produção (GATLIN III et al., 2007; LUNGER et al., 2007; LIM et al., 2009).

A produção de peixes juvenis é fator importante para crescimento sustentável da indústria aquícola. A obtenção 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 inúmeros problemas existentes nos processos de criação. Dentre os fatores responsáveis pelos insucessos na larvicultura destaca-se, como principal, o fator alimentação. Estes problemas são causados, em parte, por deficiências nutricionais, reduzindo a sobrevivência e muitas vezes resultando na qualidade do produto Cestarolli et al. (1997). Estimativas da eficiência de assimilação e absorção de nutrientes resultam em informações sobre seu destino (retenção ou excreção) e taxa de *turnover* dos componentes da dieta (GOMBOA-DELGADO; LE VAY, 2009). Nos últimos anos vários métodos permitiram progresso nos estudos nutricionais de peixes. Conceição et al., (2009) citam estudos com marcadores isotópicos, dentre os quais destacam várias ferramentas hoje utilizadas na nutrição de larvas, “tube-feeding”, marcação de artêmia, biodisponibilidade, turnover de proteínas, genômica populacional, genômica funcional e proteômica funcional.

As análises isotópicas são consideradas, atualmente, uma importante ferramenta para fisiologistas, ecólogos, geólogos dentre outras áreas que estudam os ciclos dos elementos e matéria do ambiente. A utilização de isótopos estáveis permite estudos nesta área, sem a necessidade de sintetizar compostos especificamente marcados, evitando problemas de saúde humana e segurança ambiental associados ao uso de isótopos radioativos (JONES et al., 1979; TIESZEN et al., 1983; TYRRELL et al., 1984; BOUTTON et al., 1988; METGES et al., 1990). Esses traçadores vêm sendo utilizados com muita eficácia em estudos com aves de postura (CARRIJO et al., 2000; DENADAI, 2006), frangos de corte (CRUZ, 2002; CARRIJO, 2003), peixes (ZUANON et al., 2006, 2007; OLIVEIRA et al., 2006, 2008),

ovinos (SILVA, 2003) e outras espécies animais. Recentemente, a técnica dos isótopos tem sido proposta como ferramenta de autenticação de produtos animais (BAHAR et al., 2008; HEATON et al., 2008). Entretanto, há uma necessidade de estudos que contribuam para o conhecimento da assimilação isotópica da matéria orgânica nos tecidos dos animais. A utilização simultânea dos isótopos de C e N amplia a aplicação da técnica isotópica e reduz consideravelmente a complexidade que as variações sazonais e individuais poderiam sugerir.

Objetivou-se avaliar as fontes protéicas e a incorporação de carbono e nitrogênio decorrentes da disponibilidade e do valor nutricional das fontes no tecido de juvenis e pós-larvas através da composição isotópica. Além disso, a digestibilidade aparente de rações contendo mistura de plantas C₃ e C₄ foi estudada usando o $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes como traçador.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Instalações experimentais

Foram utilizados juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundos de lotes diferentes da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e Parnaíba). O ensaio de desempenho de juvenis (I) foi conduzido no Setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – Rio Largo, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. O ensaio de desempenho de pós-larvas (II) foi conduzido no Laboratório de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – Rio Largo, no período de março de 2011 a abril de 2011. O terceiro experimento avaliando a digestibilidade de C₃ e C₄ (III) foi realizado na CODEVASF no município de Porto Real do Colégio, Sergipe, no período de 20 a 26 de março de 2011.

4.2.2 Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas com base em quatro fontes de ingredientes protéicos: farelo de soja (FS), farelo de coco (FC), farinha de vísceras de aves (FVA) e farinha de peixe (FP) compondo cinco combinações diferentes de

dietas: FS₁₀₀ – 100% FS; FS₆₀FC₄₀ – 60% FS e 40% FC; FS₆₀FVA₄₀ – 60% FS e 40% FVA; FS₆₀FP₄₀ – 60% FS e 40% FP e FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ – 19% FS, 10% FC, 10% FP e 11% FVA de forma que cada dieta substituisse o farelo de soja em 40% da proteína fornecida pela dieta FS₁₀₀ (Tabela 4).

As exigências nutricionais foram baseadas nas tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias conforme recomendações obtidas a partir dos resultados de diferentes autores, sendo adotada as exigências para tilápia com peso (<100g) Furuya et al., (2010).

As rações foram formuladas com auxílio de software (Super Crac 4.0®) de forma isoenergéticas (3.000 kcal de energia digestível) e isoprotéicas (29,73% de proteína bruta), conforme exigências sugeridas por (FURUYA et al., 1996; FURUYA et al., 2000; BOMFIM et al., 2008; BOTARO et al., 2007 e GONÇALVES et al., 2009). Foram fornecidos aminoácidos sintéticos (DL-metionina, L-lisina e L- treonina) em função do valor médio da exigência de lisina digestível estimado em relação à porcentagem de proteína, conforme sugerido por (FURUYA et al., 2004a; FURUYA et al., 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010). As exigências nutricionais em relação à metionina foram seguidas de acordo por recomendações de (FURUYA et al., 2004b) e os valores médios de treonina foram apresentados em relação à lisina, com base em valores de aminoácidos digestíveis, sugeridos por (SILVA et al., 2006; BOMFIM et al., 2008; QUADROS et al., 2009). A concentração total de fósforo foi estabelecida pela concentração mínima de 0,72% de fósforo disponível (PEZZATO et al., 2006).

Os ingredientes foram finamente moídos, até atingirem diâmetro igual ou inferior a 1,0 mm. Na confecção das rações-teste, após pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescida água, na proporção de $\pm 30\%$ do peso total da ração. A mistura foi peletizada em moinho de carne e desidratada em estufa de ventilação forçada (55 °C), durante 24 horas, sendo posteriormente desintegrada em diâmetros entre 2 e 5 mm. Todas as rações foram armazenadas em frascos plásticos e conservadas ao abrigo da luz em ambiente refrigerado (-20 °C). Os ingredientes utilizados foram analisados quanto à composição bromatológica (A.O.A.C., 2000) para formulação das dietas.

Tabela 4 - Composição das dietas experimentais com diferentes fontes protéicas e valores de composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$)

	Tratamentos				
	FS 100	FS60FC40	FS60FVA 40	FS60FP40	FS19FC10 FVA11FP10
Ingredientes					
Farelo de soja (C ₃)	57,61	34,90	34,90	34,90	19,94
Farelo de coco (C ₃)	-	23,24	-	-	10,00
Far. vísceras de aves (C ₃ + C ₄)	-	-	12,50	-	11,23
Farinha de peixe (C ₄)	-	-	-	14,84	10,00
Milho (C ₄)	26,25	7,08	20,00	29,88	17,14
Farelo de trigo (C ₃)	4,71	13,00	18,00	18,00	15,90
Quirera de arroz (C ₃)	5,00	10,00	12,01	-	15,00
Fosfato bicálcico	3,12	3,02	1,32	0,751	-
Calcário calcítico	0,65	-	0,37	-	0,09
Óleo de soja (C ₃)	1,94	2,27	0,16	0,65	-
DL-metionina ^a	0,08	2,00	0,06	-	-
L-lisina ^b	-	2,00	-	-	0,02
L-Treonina ^c	0,03	1,88	0,06	0,36	0,07
Premix mineral e vitamínico ^d	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100	100
Composição nutricional					
Proteína bruta (%)	29,73	29,73	29,73	29,73	29,73
Energia digestível (kcal/kg)	3050	3000	3000	3011	3033
Gordura (%)	4,00	4,50	4,00	4,00	4,38
Cálcio	1,18	1,08	1,08	1,18	1,18
Fósforo	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Lisina total	1,70	2,80	1,58	1,65	1,53
Metionina	0,52	2,75	0,52	0,52	0,52
Treonina	1,18	2,75	1,18	1,51	1,18
Composição isotópica das dietas ¹					
¹³ C	-21,10	-24,37	-21,60	-19,59	-20,86
¹⁵ N	0,21	0,83	1,63	2,23	2,57

¹ Composição calculada com base nos dados obtidos em análises realizadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA, Piracicaba/SP

4.2.3 Ensaio experimental com juvenis e amostragem

Inicialmente 3000 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), machos revertidos sexualmente oriundos da CODEVASF foram distribuídos ao acaso em cinco caixas d'água de polietileno com capacidade de 5000 litros para obtenção do sinal isotópico das dietas ao início do experimento. Trinta indivíduos foram aleatoriamente amostrados de cada população, os quais foram sacrificados para determinação isotópica inicial dos peixes.

Duzentos juvenis com peso médio de $3,40 \pm 0,20$ g e $4,0 \pm 0,80$ cm de comprimento total foram distribuídas de forma a constituírem grupos homogêneos de indivíduos perfazendo cada unidade experimental com dez animais em vinte gaiolas flutuantes de policloreto de vinila atóxico (malha com abertura de 5 mm) contendo 150 L em um tanque de alvenaria de 3x10x2m. O sistema era provido de circulação aberto de água com vazão de 700 L/hora.

Durante o período de adaptação de sete dias e período experimental, os peixes foram condicionados à alimentação *ad libitum* com as dietas experimentais em três refeições diárias (08h00; 12h00 e 16h00), através de arrazoamento manual, distribuídas diretamente nas gaiolas por período 88 dias. Determinou-se o momento de saciedade aparente quando os peixes apresentavam pouca atividade na superfície, natação no fundo em cardume e baixa atividade preensora.

Para realização das análises foram coletadas amostras compostas de dois ($n=2$) juvenis oriundos de cada gaiola, que foram coletadas nos dias 22, 44, 66 e 88 após o início do fornecimento das dietas experimentais. Os animais foram sacrificados por choque térmico com gelo, sendo posteriormente realizada biometria e armazenadas amostras para posterior análise isotópica do tecido muscular. O material foi mantido congelado a -20°C .

4.2.4 Ensaio experimental com pós-larvas e amostragem

Trezentas pós-larvas de tilápia do Nilo com 20 dias de eclodidas sem separação por sexo, peso médio inicial de $0,07 \pm 0,02$ g e comprimento total médio $1,38 \pm 0,20$ cm, foram distribuídas de forma a constituírem grupos homogêneos de indivíduos perfazendo cada unidade experimental com quinze animais e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um aquário contendo 15L.

As refeições diárias (08h00; 11h00; 14h00 e 17h00) foram através de arração manual, distribuindo-se diretamente nos aquários durante 30 dias experimentais.

Foram coletadas amostras (n=3) de pós-larvas aos 6; 12; 18; 24 e 30 dias os quais foram sacrificados por choque térmico com gelo, sendo posteriormente realizada biometria e armazenadas amostras para posterior análise isotópica de peixe inteiro sem evisceração e congelados a -20°C.

Em ambos os experimentos, os parâmetros de qualidade da água pH, oxigênio dissolvido e temperatura, foram monitorados diariamente e amônia total e alcalinidade total na água, semanalmente durante o período experimental.

4.2.5 Ensaio de digestibilidade

Dois mil e quinhentos juvenis de tilápia do Nilo passaram por um período pré-experimental de 40 dias para obtenção do equilíbrio isotópico das fezes com as dietas, em cinco caixas d'água de polietileno com 5000 litros. No início do período pré-experimental foram realizadas coletas de excretas aos 1º, 2º e 3º dias.

Ao final do período pré-experimental, aproximadamente 500 juvenis de cada tratamento, com peso médio de $5,0 \pm 0,05$ g foram distribuídos em três aquários cônicos com 500 litros modificados para a obtenção das excretas. Foram mantidos sob um sistema de circulação contínua de água e aeração constante através de bombas de ar comprimido.

O período de coleta de fezes de cada uma das rações foi determinado mediante a obtenção de uma quantidade de fezes que possibilitou as análises propostas (± 10 g). Os peixes receberam ração a vontade das 09h00; 11h30; 13h30 e 16h00 até a aparente saciedade. Após este período de alimentação, os aquários passaram por processo de limpeza por meio de sifonagem e permaneciam até a manhã do dia subsequente para coleta das excretas.

As coletas das fezes foram realizadas diariamente, às 7h30 durante cinco dias consecutivos. As amostras coletadas de cada aquário foram secas em estufa de ventilação forçada (60°C), durante 48 horas. Após secagem, o material foi triturado em almofariz, até a obtenção de pó fino. As composições isotópicas das amostras para carbono e nitrogênio foram determinadas a partir de uma alíquota de

cerca de um miligrama e analisadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP.

4.2.6 Análises isotópicas

Amostras do tecido muscular e carcaça total foram liofilizadas, por um período de 48 horas. Depois de secas, todas as amostras foram moídas a fim de se obter um material homogêneo de finíssima granulometria, com aspecto de talco, conforme sugerido por (DUCATTI, 2007).

Para determinação dos valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), estes elementos foram convertidos a gases (CO_2 e N_2) através da combustão das amostras sob fluxo contínuo de hélio, em um analisador elementar (Carlo Erba, CHN-1110), acoplado ao espectrômetro de massas Thermo Finnigan Delta Plus. Os gases, resultantes da combustão das amostras, foram analisados em duplicatas, com erro analítico de 0,3 e 0,5‰, respectivamente. Os valores isotópicos, expressos pela notação delta (δ), em partes por mil (‰) foram determinados pela diferença relativa entre as razões isotópicas das amostras e dos padrões, calculados por meio da fórmula.

$$\delta X(\text{‰}) = \left[\frac{(R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}})}{R_{\text{padrão}}} \right] \times 1000$$

Em que:

R representa a razão entre o isótopo mais pesado e o mais leve, em particular $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, da amostra e do padrão.

4.2.7 Determinação da digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %), de componentes de origem C_3 e C_4 contidos nas dietas experimentais (Tabela 4), foram determinados

segundo metodologia isotópica descrita por Jones et al. (1979) adaptada por Oliveira et al. (2008) e expressa pela fórmula:

$$CDA(\%) = 100 - \left[\left(\frac{\delta^{13}C_{fezes(C_3+C_4)} - \delta^{13}C_{C_4}}{\delta^{13}C_{fezesC_3} - \delta^{13}C_{C_4}} \right) x \% C_3dieta \right]$$

Em que:

$\delta^{13}C_{fezes(C_3+C_4)}$ é o valor isotópico de carbono nas fezes dos peixes alimentados por dietas com mistura de componentes C_3 e C_4 ;

$\delta^{13}C_{fezesC_3}$ corresponde ao valor isotópico médio de carbono nas fezes nos componentes C_3 da dieta;

$\delta^{13}C_{C_4}$ é o valor isotópico médio de carbono nos componentes C_4 da dieta.

4.2.7 Estimativa de nitrogênio

As contribuições das fontes de proteína foram calculadas por:

$$\%N_{dieta} = 100 * [(\delta^{15}N_{peixe} - \delta^{15}N_{inicial}) / (\delta^{15}N_{dieta\ corr} - \delta^{15}N_{inicial})]$$

4.2.8 Análise estatística

Utilizou-se para a distribuição dos tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (dietas) e quatro repetições. Os dados de crescimento de juvenis e pós-larvas foram analisados pela análise de variância e a comparação entre médias, realizada pelo teste de Tukey a 5% ($P < 0,05$). A análise dos dados foi realizada pelo aplicativo estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA, 2002).

4.3 Resultados

Análise de Desempenho

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de ganho de peso em porcentagem de juvenis e pós-larvas de tilápia alimentadas com diferentes fontes protéicas: FS₁₀₀ - Farelo de soja 100%; FS₆₀FC₄₀ - Farelo de soja 60% e farelo de coco 40%; FS₆₀FP₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de peixe 40%; FS₆₀FVA₄₀ - Farelo de soja 60% e farinha de vísceras de aves 40%; FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ - Farelo de soja 19%, farelo de coco 10%, farinha de peixe 10%, farinha de vísceras e aves 11%.

Tabela 5 - Peso médio final de juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes fontes protéicas por período de 88 e 30 dias, respectivamente *

Dietas	Peso (g)	Juvenis	Peso (g)	Pós-larvas
		Ganho de peso (%)		Ganho de peso (%)
FS ₁₀₀	22,42 ^b	525,39	0,90 ^b	1164,29
FS ₆₀ FC ₄₀	26,96 ^{ab}	666,34	1,03 ^{ab}	1385,71
FS ₆₀ FV ₄₀	30,45 ^a	850,44	1,20 ^a	1685,71
FS ₆₀ FP ₄₀	31,71 ^a	902,77	1,11 ^{ab}	1464,29
FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FV ₁₁	31,48 ^a	819,68	0,98 ^{ab}	1285,71
Prob	0,0003		0,01	
CV	22,35		9,88	

*Médias (n=4) na mesma coluna com diferentes sobrescritos são diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05)

4.3.1 Análises isotópicas das dietas em tilápia do Nilo

A utilização de diferentes combinações de fontes protéicas nas rações com 40% de substituição do nível protéico em relação à dieta de referência FS₁₀₀ resultaram em valores isotópicos distintos entre as diferentes dietas. Partindo de valores isotópicos iniciais de -19,51 e 8,04 ‰, e -18,91 e 6,68 ‰ para o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nos juvenis e pós-larvas, respectivamente, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das dietas

experimentais, no músculo de juvenis e na carcaça total de pós-larvas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Valores médios e desvio padrão de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das dietas experimentais, músculo de juvenis e da carcaça total de pós-larvas ao final de 88 e 30 dias de alimentação*

		Dietas	Músculo	Carcaça total
FS ₁₀₀	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-21,10	-21,52 ± 0,47	-22,22 ± 0,07
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	0,21	6,24 ± 0,50	4,13 ± 0,05
FS ₆₀ FC ₄₀	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-24,37	-22,28 ± 0,38	-22,73 ± 0,47
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	0,83	5,62 ± 0,49	4,54 ± 0,16
FS ₆₀ FVA ₄₀	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-21,60	-21,02 ± 0,21	-21,57 ± 0,18
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	1,63	5,89 ± 0,38	4,69 ± 0,32
FS ₆₀ FP ₄₀	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-19,59	-19,86 ± 0,33	-20,28 ± 0,39
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	2,23	5,97 ± 0,31	5,31 ± 0,15
FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-20,86	-20,16 ± 0,41	-20,20 ± 0,10
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	2,57	6,67 ± 0,22	5,83 ± 0,19

*Médias (n=8) para músculos de juvenis e (n=12) de pós-larvas

De modo geral, observa-se que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do tecido muscular dos juvenis e da carcaça das pós-larvas apresentaram valores semelhantes aos das dietas. A exceção ocorreu somente na combinação FS₆₀FC₄₀.

4.3.2 Estimativa da contribuição das fontes protéicas em tilápia do Nilo através do nitrogênio

O balanço isotópico foi usado para medir as contribuições das fontes protéicas das diferentes dietas na composição do tecido muscular de juvenis e na carcaça total das tilápias na fase pós-larva. Baseado nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ do peixe inicial, 8,04 e 6,68 ‰, para juvenis e pós-larvas, respectivamente, e das dietas corrigidas para o fracionamento médio de 3,0 ‰, com base (DENIRO; EPSTEIN, 1981) para $\delta^{15}\text{N}$.

Na Tabela 7, estão apresentadas as contribuições estimadas, em porcentagem, de nitrogênio no tecido muscular de juvenis e carcaça total de pós-larvas de tilápia do Nilo ao final de 88 e 30 dias de alimentação.

Tabela 7 - Proporção estimada da porcentagem de nitrogênio incorporada no tecido muscular e carcaça total em juvenis e pós-larvas alimentados com diferentes fontes protéicas ao final do experimento*

Dietas	Juvenis	Pós-larvas
	N (%)	N (%)
	Músculo	Carcaça total
FS ₁₀₀	37,27	73,35
FS ₆₀ FC ₄₀	57,48	74,95
FS ₆₀ FVA ₄₀	63,05	97,13
FS ₆₀ FP ₄₀	73,67	94,70
FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁	55,47	76,59

*Médias (n=8) para músculos de juvenis e (n=12) de pós-larvas

Tempo de alimentação: 88 dias para juvenis e 30 dias para pós-larvas

Observou-se que a dieta composta com FS₁₀₀ apresentou menor proporção de incorporação (37,27%) de nitrogênio no músculo de juvenis. Esta também foi a dieta com menor incorporação de nitrogênio em pós-larvas (73,35%). Por outro lado, é interessante inferir que a dieta contendo farinha de vísceras de aves contribuiu com quase todo o nitrogênio (97,13%) da fase de pós-larvas, aos 30 dias.

4.3.3 Digestibilidade das frações C₃ e C₄ da dieta dos juvenis

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos componentes de origem C₃ e C₄ contidas nas dietas estão apresentados na Tabela 8. Pode-se verificar que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nas fezes, após o período experimental de 40 dias, diferiram de 0,5 a 3,5 ‰ dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ da dieta.

Tabela 8 – Valores de $\delta^{13}\text{C}$ em fezes e coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de fração C_3 e C_4 em dietas para juvenis calculados pelo método isotópico*

Dietas	$\delta^{13}\text{C}_{\text{dieta}} (\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{fezes}} (\text{‰})$	%CDAC ₃	%CDAC ₄
FS ₁₀₀	-21,10	-22,17±0,31	49,70	93,25
FS ₆₀ FC ₄₀	-24,37	-24,92±0,15	12,73	99,20
FS ₆₀ FVA ₄₀	-21,60	-22,95±0,46	41,03	94,57
FS ₆₀ FP ₄₀	-19,59	-23,18±0,17	52,90	92,49
FS ₁₉ FC ₁₀ FP ₁₀ FVA ₁₁	-20,86	-23,10±0,62	47,30	92,79

*Médias (n=5) de coleta de fezes de juvenis no período de cinco dias após 40 dias experimentais

Os valores de CDA dos constituintes das dietas experimentais dos juvenis apresentaram valores inferiores para os componentes de origem C_3 em relação aos de origem C_4 . Embora as dietas experimentais fossem formuladas a constituírem valores nutricionais iguais, a qualidade dos ingredientes parece influenciar os resultados de digestibilidade.

4.4 Discussão

O presente estudo avaliou a contribuição de diferentes fontes protéicas para o crescimento de juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo aos 88 e 30 dias, respectivamente. Durante o período experimental os juvenis e pós-larvas atingiram o equilíbrio isotópico de carbono e nitrogênio, com suas respectivas dietas. Com exceção da dieta contendo farelo de coco (FS₆₀FC₄₀) que apresentou diferença entre a dieta e os tecidos para os valores de carbono, aproximadamente 2,08‰.

Juvenis e pós-larvas de tilápia do Nilo apresentaram aumento percentual médio de ganho de peso entre 525,39 e 902,77% (juvenis); e pós-larvas entre 1164,29 e 1685,71% ao final do período experimental. Estes valores são reflexos aos observados no desempenho, em que ambos os tratamentos contendo farinha de peixe e farinha de vísceras de aves apresentaram maior porcentagem de ganho de peso para juvenis e pós-larvas, respectivamente. A dieta com FS₁₀₀ foi caracterizada com um menor crescimento em relação às demais fontes.

Neste estudo, a porcentagem de ganho de peso das pós-larvas foi o dobro dos juvenis em período curto de 30 dias, sugerindo que os efeitos da troca isotópica do valor inicial do peixe para o sentido dos sinais das novas dietas tendem a ser mais evidentes em pós-larvas. Tem sido observado em alguns trabalhos com diferentes espécies de animais que o aumento do peso corporal é necessário para um equilíbrio isotópico entre as diferentes dietas (GAMBOA-DELGADO; LE VAY, 2009a, 2009b).

Hesslein et al. (1993) observaram que em peixes com rápido crescimento, a taxa de mudança isotópica de N, C, e S poderia refletir diretamente na taxa de crescimento. Uma relação positiva entre enriquecimento isotópico e tamanho dos peixes foi observada para os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (GU et al., 1996; KWAK; ZEDLER, 1997; BEAUDOIN et al., 1999).

Os resultados apontam o uso de valores de isótopos estáveis de carbono e do nitrogênio como indicador da contribuição das fontes protéicas nas diferentes fases. Observou-se que entre os valores isotópicos no músculo e carcaça total não há distinção entre as dietas, mas que os tecidos acompanham a dieta tipicamente dentro do fracionamento esperado para o carbono ($\pm 1\text{‰}$).

Para os valores de nitrogênio nos tecidos, uma vez corrigido (3‰) para o fracionamento, podemos observar que os juvenis e pós-larvas aproximaram das dietas. Minagawa & Wada (1984) mostraram que a variação do $\delta^{15}\text{N}$ ao longo de uma cadeia alimentar os consumidores apresentam valores isotópicos maiores que a respectiva dieta, apresentando um valor médio para cada transferência de nível trófico de $\pm 3,0\text{‰}$ (DENIRO; EPSTEIN, 1981) para $\delta^{15}\text{N}$. No entanto, há estudos que demonstram que os valores de ^{15}N podem variar amplamente (GANNES et al., 1997; CRAWLEY et al., 2007).

Nesse sentido, assumindo a correção (3,0‰) para as dietas, foi observado que os valores de incorporação de nitrogênio mostram que a assimilação da proteína da dieta foi maior para as pós-larvas (~75, a 100%), e, que nos dois tecidos, a dieta a base de 100% farelo de soja proporcionou menor assimilação. Importante observar que na fase de pós-larva a contribuição da dieta com combinação com farinha de vísceras de aves correspondeu a 97,13% do nitrogênio no peixe inteiro. Segundo ZUANON (2003) durante o crescimento o músculo apresenta exigência relativamente alta por aminoácidos e outros nutrientes. Esta observação indica que

possivelmente uma demanda maior por nutrientes ocorre em fases quando o taxa de crescimento é maior.

Os resultados sugerem que embora valores de incorporação de ^{15}N da dieta FS_{100} para o tecido muscular e carcaça total foram elevados, houve uma melhor retenção de proteína a partir das dietas combinadas com farinha de peixe e farinha de vísceras de aves. Em estudo similar, Gamboa-Delgado e Le Vay (2009) investigaram o uso de nitrogênio estável em pós-larvas e juvenis de camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) com componentes dietéticos protéicos de origem vegetal (farelo de soja) e animal (farinha de peixe) em diferentes níveis observaram maior retenção de nitrogênio provindo da farinha de peixe e menor para farelo de soja.

Gay-Siessegger et al. (2003) em ensaio realizado com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estudaram a velocidade de troca de assinatura isotópica para carbono e nitrogênio, que podem ser afetados não só pela composição da dieta, mas também pela quantidade de alimentos consumidos. Naquele estudo, avaliaram o efeito da qualidade da dieta pela comparação de tilápia alimentadas com farinha de peixe e farelo de trigo. Concluíram que esta velocidade está relacionada à quantidade e qualidade de alimento fornecida

Gamboa-Delgado e Le Vay (2009a) citam que o uso de modelos de mistura de isótopos requer validação anterior de pressupostos, tais como: semelhantes (ou conhecidas) composições elementares entre as fontes, semelhantes eficiências de assimilação, fatores de estimativa da discriminação e perda isotópica.

Os resultados desse estudo indicam que para as estimativas de porcentagem de nitrogênio nos músculos de juvenis e carcaça de pós-larvas, as fontes de origem animal proporcionaram melhor incorporação de nitrogênio ($>\%N$), aos resultados de melhor desempenho nos experimentos.

Produtos de origem animal promovem um maior crescimento dos peixes e, portanto, as dietas de máxima eficiência necessitam da presença desses ingredientes como fonte protéica fundamental (PEZZATO, 2002). 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 (MEER et al., 1995; MAZID et al., 1997; GALDIOLI et al., 2000). No entanto, estudos constataam a utilização do farelo de soja, desde que suplementadas

com aminoácidos essenciais na nutrição de peixe, sem prejudicar seu desempenho. Entretanto, a proteína da soja possui desbalanço em aminoácidos quando comparado as fontes protéicas de origem animal, inclusive as fontes estudadas no presente experimento.

De acordo com alguns autores, a forma química dos aminoácidos pode influenciar diretamente a determinação das exigências nutricionais. Aminoácidos livres são rapidamente digeridos e absorvidos, muitas vezes em grande quantidade, sendo o excesso eliminado via catabolismo e produção de amônia. Desta forma, aminoácidos livres podem ser utilizados pelos peixes menos eficientemente que os aminoácidos ligados à fonte de proteína (RODEHUTSCORD et al., 2000).

Foram observados menores valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes dos juvenis alimentados com a dieta FS₆₀FP₄₀ e FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ em relação às demais dietas. A redução do valor isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ foi também reportado por (YOKOYAMA et al., 2006), quando observaram valores entre 3,5 e 4,4‰ $\delta^{13}\text{C}$ e 3,3 a 3,5‰ $\delta^{15}\text{N}$ em peixes alimentados com dieta comercial (MCGHIE et al., 2000) com valores de (+0,6‰) $\delta^{13}\text{C}$ e (2,7‰) $\delta^{15}\text{N}$ e (FRANCO-NAVA, 2004) (-1,6‰) $\delta^{13}\text{C}$ e (5,4‰) $\delta^{15}\text{N}$.

Segundo Yokoyama et al. (2006), a redução dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nas fezes, pode ser explicada pela eficiência digestiva dos elementos que compõem o alimento e excreção de material indigesto. Yokoyama et al. (2006) observaram maior proporção na relação C:N nas fezes de material vegetal, com relações próximas de farinha de trigo (13,8) e farelo de arroz (11,6), o qual sugere que fontes vegetais terrestres são incluídas em maior proporção nas fezes. Ficou demonstrado que farinha de peixe e peixe cru são facilmente digeridos por peixes carnívoros enquanto que o material vegetal terrestre é menos digestível, como citado por (DE SILVA; ANDERSON, 1995).

A digestibilidade aparente é um fator importante dentro da nutrição, sendo o principal requisito na utilização de um ingrediente. Coeficiente de digestibilidade aparente não somente avalia a qualidade nutricional da fonte, mas também sua assimilação (OLIVEIRA et al., 2008). Neste sentido, o uso do carbono para determinação do coeficiente de digestibilidade vem sendo utilizado como indicador para mostrar a assimilação deste elemento químico das dietas. Admitida que a dieta é uma mistura de produtos de origem de plantas do ciclo C₃ e de origem de plantas do ciclo C₄ podemos traçar estes ingredientes, tendo conhecimento de seus valores, de modo que a variabilidade dos valores de isótopos estáveis em diferentes

alimentos pode ser utilizada como traçadores da digestibilidade e absorção no animal (JONES et al., 1979).

Em alguns estudos com peixes foi observado baixo desempenho do animal, quando utilizaram dietas puras de C_3 e C_4 , muitas vezes com perda das parcelas com peixes alimentados com dietas exclusivamente com C_4 , algo que usualmente não é utilizado na piscicultura.

Zuanon et al. (2007) afirmaram que em mesmo dietas nutricionalmente formuladas, dietas estritamente C_4 , observaram redução no consumo devido a qualidade dos ingredientes entre as dietas. Indicando que dietas composta somente com fontes de plantas C_4 podem ser consideradas inadequadas, sendo então necessária formulação de dietas formuladas nutricionalmente pela mistura de C_3 e C_4 , em contraste com suas assinaturas (ZUANON et al., 2007).

O presente estudo parte de uma dieta convencional com ingredientes utilizados na maioria dos trabalhos publicados para tilápia, em sua maior parte a avaliação da digestibilidade conhecida. Dietas formuladas para peixes onívoros, como é a espécie em estudo a tilápia, recentemente se observam-se em trabalhos (FURUYA et al., 2001, 2004; BOTARO et al., 2007) rações formuladas a base de ingredientes exclusivamente de fonte vegetal, sendo grande parte plantas de ciclo C_3 (farelo de soja, farelo de trigo, quirera de arroz) e C_4 (milho).

Partindo dessas afirmações, o principal objetivo foi de avaliar dentro de cada mistura composta pelos tratamentos com diferentes fontes protéicas, o coeficiente de digestibilidade das fontes constituintes de C_3 e C_4 .

A eficiência indicada pelo CDA sugere que, embora isoprotéicas e isoenergéticas, a composição da dieta em termos de qualidade de aminoácidos disponíveis nas formas mais prontamente assimiladas pelos tecidos, determinou a capacidade de assimilação, o que pode ter sido influenciada pela qualidade dos componentes para digestão.

Neste sentido, foi observado que juvenis alimentados com farelo de coco foram o que menor aproveitaram as fontes de ciclo C_3 com 12,73%. O baixo aproveitamento pode ser atribuído à qualidade nutricional do farelo de coco, pois embora seja de uma fonte protéica suas qualidades são inferiores aos demais, o farelo de coco apresentava, com base na MS: 25,09% de PB; 21,66% de EE; 15,07% de FB.

Lemos et al. (2011) destaca que a utilização de farelo de coco na dieta para monogástrico pode ser limitada pelo pobre balanço de aminoácidos essenciais, associados ao processo de extração de óleo do ingrediente e processamento na fabricação das dietas que afetariam a qualidade nutricional reduzindo seu aproveitamento. Outro fator poderia ser atribuído devido elevado nível de fibra na dieta, que resultaria no aumento da velocidade do trânsito gastrointestinal da dieta, afetando assim a utilização a proteína (LANA et al., 2004; HANSEN; STOREBAKKEN, 2007). Neste estudo, os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas FS₆₀FP₄₀, FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ e FS₆₀FVA₄₀ apresentam melhor de %CDAC₃ e %CDAC₄.

Segundo Pezzato; Barros; Furuya (2009) dentre os alimentos protéicos de origem vegetal, o farelo de soja é o alimento que apresenta maior coeficiente de digestibilidade aparente para os aminoácidos arginina, lisina, triptofano e valina e para os alimentos protéicos de origem animal, a farinha de vísceras de aves apresenta maior CDAAa para os aminoácidos histidina, fenilalanina e metionina.

Importante salientar que os componentes C₃ predominam de termos biomassa a ser incorporada, enquanto que o componente C₄ fornece mais prontamente a energia para o metabolismo. Com base nos dados de coeficiente de digestibilidade foram observados que em ambas as dietas a utilização das fontes do ciclo C₄ são sempre altas (>90%) em relação aos ingredientes do ciclo C₃, que forneceram menos de (<50%), sendo necessário o uso de todo o componente da dieta para adquirir a energia necessária para o crescimento.

Diferenças na composição isotópica dos diferentes elementos sugerem que a incorporações dos nutrientes são relacionados à maior qualidade da dieta. Neste contexto, a avaliação da incorporação de nutrientes através da utilização de isótopos estáveis gera informação em diferentes condições nutricionais.

4.5 Conclusão

A avaliação dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em abundância natural contidos nos ingredientes protéicos permitiu a estimativa das contribuições de nitrogênio diferenciais entre farelo de soja, farelo de coco, farinha de peixe e farinha de vísceras de aves para o crescimento de juvenis e pós-larvas de tilápia do

Nilo. Neste estudo, as dietas FS60FP40 e FS60FVA40, apresentaram maior de incorporação de ^{13}C e ^{15}N nos tecidos, refletindo os resultados observados no desempenho. O uso de farelo de coco mostrou ser uma fonte protéica alternativa promissora, quando combinada com o farelo de soja. Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas FS₆₀FP₄₀, FS₁₉FC₁₀FP₁₀FVA₁₁ e FS₆₀FVA₄₀, inferem que a composição isotópica dos diferentes elementos estão relacionados à maior qualidade da dieta com base na digestibilidade dos alimentos. Neste contexto, a avaliação da incorporação de nutrientes através da utilização de isótopos estáveis gera informação em diferentes condições nutricionais quando avaliando novas dietas para tilápia do Nilo nas fases juvenil e pós-larva, como observado na digestibilidade da mistura de plantas C3 e C4.

Referências

- AI.Q.; MAI, K.; TAN, B.; XU, W.; DUAN, Q.; MA, H.; ZHANG, L. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 260, p. 255–263, 2006.
- ALLAN, G.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 293–310, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 14th ed. Washington: AOAC International, 2000. 1025 p.
- BAHAR, B.; MOLONEY, A.P.; MONAHAN, F.J.; HARRISON, S.M.; ZAZZO, A.; SCRIMGEOUR, C.M.; BEGLEY, I.S.; SCHMIDTI, O.S. Turnover of C, N, and S in bovine Longissimus dorsi and Psoas major muscles: Implications for isotopic authentication of meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 905-913, 2008.
- BEUDOIN, C.P.; TONN, W.M.; PREPAS, E.E.; WASSENAAR, L.I. Individual specialization and trophic adaptability of northern pik (*Esox lucius*) an isotope and dietary analysis. **Oecologia**, Berlin, v. 120, p. 386-396, 1999.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S.; RIBEIRO, F.B.; TAKISHITA, S.S. Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 783-790, 2008.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B.; SOUZA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1-8, 2010.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D. dos; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína em dietas para a tilápia-do-nilo (*oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede, pela suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 517-525, 2007.

BOUTTON, T.W.; TYRRELL, H.F.; PATTERSON, B.W. Carbon kinetics of milk formation in holstein cows in late lactation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 2636-2645, 1988.

CARRIJO, A.S.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C. Avaliação do metabolismo nutricional em poedeiras pela técnica dos isótopos estáveis do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Viçosa, v. 2, n. 3, p. 209-218, 2000.

CARRIJO, A.S. **Técnica dos isótopos estáveis do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) em frangos de corte**. 2003. 92 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

CESTAROLLI, M.A.; PORTELLA, M.C.; ROJAS, N.E.T. Efeitos do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 24, n. único, p. 119–129, 1997.

CHONG, A.S.C.; HASHIM, R.; ALI, A.B. Assessment of dry matter and protein Digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using *in vivo* and *in vitro* methods. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 229-238, 2002.

CONCEIÇÃO, L.E.C.; ARAGÃO, A.; RICHARD, N.; ENGROLA, S.; GAVAIA, P.; MIRA, S.; DIAS, J. Avanços recentes em nutrição de larvas de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 26-35, 2009.

CRUZ, V.C.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C.; PINHEIRO, D.F.; SARTORI, J.R.; GONÇALVES, J.C. Tracing metabolic routes of feed ingredients in tissues of broiler chickens using stable isotopes. **Poultry Science**, College Station v. 83, p. 1376-1381, 2004.

DAVIS, D.A.; JIRSA, D.; ARNOLD, C.R. Evaluation of soybean proteins as replacements by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on the Red Drum *Sciaenops ocellatus*. **Journal of the World aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, n. 1, p. 48-58, 1995.

DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.

DENADAI, J.C.; DUCATTI, C.; PEZZATO, A.C. CARRIJO, A.S; CALDARA, F.R.; OLIVEIRA, R.P. Studies on carbon-13 turnover in eggs and blood of commercial layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Viçosa, v. 8, p. 251-256, 2006.

DENG, J.; MAI, K.; AI, Q.; ZHANG, W.; WANG, X.; XU, W.; LIUFU, Z. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, p. 503–513, 2006.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 45, p. 341-351, 1981.

DUCATTI, C. **Isótopos estáveis ambientais**. [apostila]. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 2007. 184 p.

FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; GOMES, E.; REIS-HENRIQUES, M.A.; COIMBRA, J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. **Aquaculture International**, Berlin, v. 7, p. 57–67, 1999.

FRANCO-NAVA, M.A.; BLANCHETON, J.P.; DEVILLER, G.; LE-GALL, J.Y. Particulate matter dynamics and transformations in a recirculating aquaculture system: application of stable isotope tracers in seabass rearing. **Aquacultural Engineering** London, v. 31, p. 135–155, 2004.

FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 1110-1116, 2004.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1125-1131, 2001.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M. Exigências de proteína para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; HAYASHI, E.C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1571-1577, 2004a.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; MURAKAMI, A.E.; RIBEIRO, R.P. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase inicial. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Maringá, v. 18, p. 307-319, 1996.

FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; BOTARO, D.; SAKAGUTI, E.S.; FURUYA, V.R.B. Exigências de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1933-1937, 2004b.

GAMBOA-DELGADO, R.; LE VAY, L. Natural stable isotopes as indicators of the relative contribution of soy protein and fish meal to tissue growth in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed compound diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 291, p. 115–123, 2009a.

GAMBOA-DELGADO, J.; LE VAY, V. Artemia replacement in co-feeding regimes for mysis and postlarval stages of *Litopenaeus vannamei*: Nutritional contribution of inert diets to tissue growth as indicated by natural carbon stable isotopes. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 297, p. 128–135, 2009b.

GAMBOA-DELGADO, J.; CAÑAVATE, J.P.; ZEROLO, R.; LE VAY, L. Natural carbon stable isotope ratios as indicators of the relative contribution of live and inert diets to growth in larval Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 280, p. 190–197, 2008.

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. Biological Sciences**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 471-477, 2000.

GANNES, L.Z.; O'BRIEN, D.; DEL RIO, C.M. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for laboratory experiments. **Ecology**, Tempe, v. 78, p. 1271–1276, 1997.

GAYE-SIESSEGGER, J.; FOCKEN, U.; ABEL, H.J.; BECKER, K. Feeding level and diet quality influence trophic shift of C and N isotopes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Isotopes in Environment and Health Studies**, London, v. 39, p. 125-134, 2003.

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

GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients: a review of ingredient evaluation for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 13, p. 17–34, 2007.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; ROSA, M.J. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do nilo

formuladas com base no conceito de proteína ideal **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2289-2298, 2009.

GU, B.; SCHELSKE, C.L.; HOYER, M.V. Stable isotopes of carbon and nitrogen as indicators of diet and trophic structure of the fish community in a shallow hypwetrotrophic lake. **Journal of Fish Biology**, London, v. 49, p. 1233-1243, 1996.

HANSEN, J.O.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 272, p. 458-465, 2007.

HEATON, K.; KELLY, S.D.; HOOGEWERFF, J.; WOOLFE, M. Verifying the geographical origin of beef: the application of multi-element isotope and trace element analysis. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, p. 506–515, 2008.

HU, M.; WANG, Y.; WANG, Q.; ZHAO, M.; XIONG, B.; QIAN, X.; ZHAO, Y.; LUO, Z.; Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 275, p. 260–265, 2008.

JONES, R.J.; LUDLOW, M.M.; TROUGHTON, J.H.; BLUNT, C.G. Estimation of the proportion of C3 and C4 plant species in the diet of animals from the ration of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the feces. **Cambridge Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, p. 91-100, 1979.

KAUSHIK, S.J.; COVÈS, D.G.; DUTTO, D.; BLANC, D. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 230, p. 391–404, 2004.

KWAK, T.J.; ZEDLER, L.B. Food web analysis of southern California coastal wetlands using multiple stables. **Oecologia**, Berlin, v. 110, p. 262-277, 1997.

LANNA, E.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2186-2192, 2004.

LEE, K.J.; DABROWSKI, K.; BLOM, J.H.; BAI, S.C.; STROMBERG, P.C. A mixture of cottonseed meal, soybean meal and animal byproduct mixture as a fish meal substitute: growth and tissue gossypol enantiomers in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, Berlin, v. 86, p. 201-213, 2002.

LEMOS, M.V.A.; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 188-198, 2011.

LIM, S.J.; LEE, K.J. Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 290, p. 283–289, 2009.

LIM, S.R.; KIM, S.S.; KO, G.Y.; SONG, J.W.; OH, D.H.; KIM, J.D.; KIM, J.U.; LEE, K.J. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 313, p. 165–170, 2011.

LUNGER, A.N.; MCLEAN, E.; GAYLORD, T.G.; KUHN, D.; CRAIG, S.R. Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 271, p. 401–410, 2007.

MAZID, M.A.; ZAHER, M.; BEGUM, N.N.; ALI, M.Z.; NAHAR, F. Formulation of cost-effective feeds from locally available ingredients for carp polyculture system for increased production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, n. 1/4, p. 71-78, 1997.

McGHIE, T.K.; CRAWFORD, C.M.; MITCHELL, I.M.; O'BRIEN, D. The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 187, p. 351–366, 2000.

MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 901-909, 1995.

METGES, C.; KEMPE, K.; SCHMIDT, H.L. Dependence of the carbon isotope contents of breath carbon dioxide, milk, serum and rumen fermentation products on the $\delta^{13}\text{C}$ value of food in dairy cows. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 63, p. 187-196, 1990.

MINAGAWA, M.; WADA, E. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between d^{15}N and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 48, p. 1135–1140, 1984.

OLIVEIRA, A.C.; MARTINELLI, L.A.; MOREIRA, M.Z.; SOARES, M.G.M.; CYRINO, J.E.P. Seasonality of energy sources of *Colossoma macropomum* in a floodplain lake in the Amazon – lake Camaleão, Amazonas, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v. 13, p. 135–142A, 2006.

OLIVEIRA, A.C.B.; MARTINELLI, L.A.; MOREIRA, M.Z.; CYRINO, J.E.P. Determination of apparent digestibility coefficient in fish by stable carbon isotopes. **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 14, p. 10–13, 2008.

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**, Viçosa, v. 38, p. 43-51, 2009. Suplemento especial.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; ROSA, M.J.S.; GUIMARÃES, I.G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1600-1606, 2006.

PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; MARTINO, R.C. Growth and body composition of juvenile and largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 312-320, 2004.

QUADROS, M.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; RIBEIRO, F.B.; TAKISHITA, S.S. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 1400-1406, 2009.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, Z.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Comparison of L-lysine -HCl and L-lysine sulphate. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 187, p. 177-183, 2000.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide, version 9.20, versão 9.2. Cary, 2002.

SANTIAGO, C.B.; LOVELL, E R.T. Amino acids requirements for growth of Nile tilapia. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p. 1540-1546, 1988.

SILVA, J.J. **Determinação da fase lactente- ruminante em cordeiros pelas técnicas de ^{13}C e micro- histologia fecal**. 2003. 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2003.

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA, T.S.C.; SALES, P.J.P. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1358-1264, 2006.

STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; PARKINSON, S. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyamus bisdyamus*. III. Digestibility and growth using meat products. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 311-326, 2000.

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

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G.; SLADE, N.A. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for delta C analysis of diet. **Oecologia**, Berlin, v. 57, p. 32–37, 1983.

TYRREL, H.F.; PELLETIER, G.; CHEVALIER, R.; HILLAIRES-MARCELL, C.; GAGNON, M. Use of carbon 13 as tracer in metabolism studies. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 64, p. 127-129, 1984.

YOKOYAMA, H.; ABO, K.; ISHIHI, Y. Quantifying aquaculture-derived organic matter in the sediment in and around a coastal fish farm using stable carbon and nitrogen isotope ratios. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 254, p. 411–425, 2006.

ZUANON, J.A.S. **Turnover de carbono em tecido muscular de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio dos isótopos estáveis de**

carbono (13C/12C). 2003. 96 p. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003.

.ZUANON, J.A.S.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; PASSOS, J.R.S.; BARROS, M.M.; DUCATTI, C. Muscle $\delta^{13}\text{C}$ change in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Effects of growth and carbon turnover. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 145, p. 101-107, 2006.

ZUANON, J.A.S.; PEZZATO, A.C.; DUCATTI, C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; PASSOS, J.R.S. Muscle $\delta^{13}\text{C}$ change in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, cichlidae) fingerling fed on C3 – or C4 cycle plants grain-based diets. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 147, p. 761-765, 2007

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição de diferentes fontes protéicas na alimentação de juvenis e pós-larvas, por meio da variação natural dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, se mostrou promissora, diante de estudos realizados. Esta pesquisa surgiu da necessidade de avaliar a contribuição dessas fontes nos diferentes tecidos com produtos protéicos de origem animal e vegetal utilizados na alimentação de peixes, visto a necessidade de utilizar fontes alternativas ao uso da farinha de peixe nas formulações de rações. Considerando os resultados obtidos neste trabalho, novos estudos poderão aprofundar ainda mais esta pesquisa, que pode fornecer informações em mais curto prazo e expressar sinais dietéticos de novas dietas.

A utilização do músculo mostrou ser bom tecido para rastrear a utilização de diferentes fontes de proteína na alimentação de tilápia em dietas contendo esses ingredientes que fazem parte da alimentação das espécies e no uso do farelo de coco como uma fonte protéica, embora de uso limitado.

Novas pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de aprimorar a técnica dos isótopos estáveis nos diferentes tecidos. Deve-se destacar que é importante a mensuração das variáveis de desempenho para que possam ser relacionadas com as taxas de crescimento e *turnover*.

APÊNDICES

EXPERIMENTO I: JUVENIS

Figuras A e B - Instalação experimental e sistema de circulação de água aberto

Figuras C, D e E - Juvenis submetidos a biometria sacrificados por choque térmico

Figuras F e G - Confeccionamento das dietas e secagem em estufa de circulação forçada a 55°C

Figuras H, I e K - Biometria final dos juvenis aos 88 dias experimentais

EXPERIMENTO II: PÓS-LARVAS DE TILÁPIA

Figuras L, M e N - Instalação experimental e sistema de recirculação de água com uso de comedouros

Figuras O, P e Q - Biometria de pós-larvas

EXPERIMENTO III: DIGESTIBILIDADE

Figuras R, S e T - Instalações de digestibilidade

Figuras U, V e X – Preparação das amostras de excretas para análise isotópica