

FELIPE BARBOSA RIBEIRO

**DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E
AMINOÁCIDOS EM ALIMENTOS PARA TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

FELIPE BARBOSA RIBEIRO

**DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E
AMINOÁCIDOS EM ALIMENTOS PARA TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 09 de junho de 2009.

Prof. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu
(Co-orientador)

Prof. Paulo César Brustolini

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Co-orientador)

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

A Deus, sem o qual nada seria possível.

Aos meus pais Erimar (*in memoriam*) e Eliane, pelo amor, carinho, incentivo, apoio e, principalmente, formação de vida.

Aos meus irmãos Rodrigo e Lucila, minha cunhada Aline e meus sobrinhos Artur e Gabriela, pelo carinho e amor.

À minha noiva Giselly, pelo amor, pela paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Zootecnia (DZO), pela acolhida e oportunidade de realização deste curso; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e a empresa Ajinomoto Biolatina - SP, em especial à Eduardo Nogueira e Marianne Kutschenko, pela realização das análises de aminoácidos.

Ao professor orientador Eduardo Arruda Teixeira Lanna, pela orientação, amizade, paciência e incentivo.

Aos professores Aloísio Soares Ferreira, Paulo César Brustolini, Sergio Luiz de Toledo Barreto, Horácio Santiago Rostagno, Luiz Fernando Teixeira Albino, e, principalmente, ao professor co-orientador Juarez Lopes Donzele pelas informações, auxílios, sugestões e críticas apresentadas durante o curso de pós-graduação e condução desta pesquisa que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos professores Marcos Antonio Delmondes Bomfim, da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e Márvio Lobão Teixeira de Abreu, da Universidade Federal do Piauí – UFPI pela amizade e pelo estímulo para realização deste trabalho.

Aos estagiários Rodrigo e Rafael, pela amizade e dedicação.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia pela ajuda e pela amizade durante todo o período do curso.

Aos meus amigos de São João Nepomuceno, em especial ao Michel Ferraz, Alison Rigolon, Giovani Rigolon, Rodrigo Estevanato, José Maria Ribeiro Sampaio e meu tio Eraldo Barbosa pela grande amizade e companherismo.

A todos os meus amigos e amigas de 10 anos de Viçosa, em especial à Anderson Saraiva de Freitas, Sylvia Sanae Takishita, Maíra Paula de Sousa, Moisés Quadros, Maykel Sales, Gladstone Brumano, Marcelle Santana de Araújo, Allyson Saraiva, Jefferson Siqueria, Douglas dos Santos Pina, Wagner Azis Garcia de Araújo, Moacyr Antonio Serafini, Jorge Luiz Vieira Cotan, Alaor Maciel, Cláudia Raposo Maciel, Patrícia de Souza Lima Cunha, Fabrício Pereira Rezende, Tatiana Cristina da Rocha, Silvano Bünzen, Eric Marcio Balbino, Will Pereira de Oliveira, Renata Mara de Souza, Mauricio Tarcio Viana, Fellipe Freitas, Lidson Ramos Nery, Regina Tie Umigi, Darcilene Figueiredo, pela ajuda, pelo incentivo e pela leal amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho e não foram citados.

BIOGRAFIA

FELIPE BARBOSA RIBEIRO, filho de Erimar Danelon Ribeiro e Eliane Barbosa Ribeiro, nasceu em São João Nepomuceno, Estado de Minas Gerais, no dia 10 de outubro de 1979.

Em agosto de 2003, graduou-se em Zootecnia, pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, na cidade de Viçosa - MG.

Em julho de 2005, obteve o título de *Magister Scientiae* em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, na cidade de Viçosa – MG.

Em março de 2006, foi admitido no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em abril de 2009, ingressou, por concurso público, como professor na Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Em junho de 2009, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS EM TILÁPIA DO NILO DETERMINADA PELA TÉCNICA DE DECANTAÇÃO.....	13
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
CONCLUSÕES.....	30
LITERATURA CITADA.....	31

	Página
DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS EM TILÁPIA DO NILO DETERMINADA PELA TÉCNICA DE DISSECAÇÃO.....	35
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES.....	52
LITERATURA CITADA.....	53
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	57

LISTA DE TABELAS

	Página
001. Composição química dos alimentos (matéria natural).....	17
002. Composição percentual e química das dietas experimentais (matéria natural).....	19
003. Coeficientes de digestibilidade aparente de proteína (CDapPB) e aminoácidos (CDapAA) dos alimentos determinados pela técnica de decantação.....	25
004. Perdas de proteína e aminoácidos endógenos, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e obtidos pela técnica de decantação.....	27
005. Coeficientes de digestibilidade verdadeiro de proteína (CDvPB) e aminoácidos (CDvAA) dos alimentos determinados pela técnica de decantação.....	29
001. Composição química dos alimentos (matéria natural).....	39
002. Composição percentual e química das dietas experimentais (matéria natural).....	41
003. Coeficientes de digestibilidade aparente de proteína (CDapPB) e aminoácidos (CDapAA) dos alimentos determinados pela técnica de dissecação.....	46

004. Perdas de proteína e aminoácidos endógenos, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e obtidos pela técnica de dissecação.....	48
005. Coeficientes de digestibilidade verdadeiro de proteína (CDvPB) e aminoácidos (CDvAA) dos alimentos determinados pela técnica de dissecação.....	49

RESUMO

RIBEIRO, Felipe Barbosa, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2009. **Digestibilidade aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos em alimentos para tilápia do Nilo.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Márvio Lobão Teixeira de Abreu.

Objetivando-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos de alguns alimentos pelas técnicas de decantação e dissecação para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem tailandesa, em fase de crescimento, foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro conduzido entre os meses de Outubro a Dezembro de 2007 e o segundo, entre os meses de Setembro a Novembro de 2008, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Para os dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco dietas, cada uma com uma única fonte protéica distinta (milho, farelo de trigo, farelo de soja, glúten de milho 60 e farinha de peixe). Além disso, um grupo adicional de peixes foi alimentado com dieta isenta de proteína para quantificação da fração endógena e determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro. As dietas foram formuladas para conter 32% de proteína bruta para avaliação dos alimentos protéicos (farelo de soja, farinha de peixe e glúten de milho 60) e 6,5% de proteína bruta para avaliação dos alimentos energéticos (milho e farelo de trigo). No primeiro experimento, foram utilizadas 252 tilápias com peso de $310 \pm 9,68$ g, distribuídas em delineamento em blocos casualizados (repetições no tempo), composto por cinco tratamentos, seis repetições por tratamento e sete peixes por

unidade experimental. Foram utilizados três aquários confeccionados de fibra de vidro, de formato cônico e com volume útil de 250 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento e escoamento de água, com renovação mínima de água de 25% por dia. Após a última alimentação do dia, todos os aquários foram limpos e 50% da água renovada, possibilitando assim a remoção de qualquer resíduo de dieta que poderia contaminar as fezes dos peixes. Para a técnica de decantação, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e a média dos aminoácidos são de 83,57 e 82,45% para o milho, de 82,87 e 81,47% para o farelo de trigo, de 91,12 e 89,41% para o farelo de soja, de 90,07 e 87,78% para o glúten de milho e de 83,53 e 81,65% para a farinha de peixe, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são de 90,02 e 89,60% para o milho, de 89,62 e 89,14% para o farelo de trigo, de 93,58 e 91,88% para o farelo de soja, de 92,50 e 90,34% para o glúten de milho e de 86,01 e 84,27% para a farinha de peixe, respectivamente. No segundo experimento, foram utilizadas 900 tilápias com peso de $315 \pm 8,45$ g, distribuídas em delineamento em blocos casualizados (repetições no tempo), composto por cinco tratamentos, seis repetições por tratamento e 25 peixes por unidade experimental. Os peixes foram mantidos em seis aquários de polietileno, com volume útil de 300 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento de água e escoamento de fundo dispostos em sistema de recirculação e renovação mínima de água de 25% por dia. Os peixes foram alimentados com as dietas experimentais durante cinco dias. Para a técnica de dissecação, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e a média dos aminoácidos são de 74,69 e 73,62% para o milho, de 73,74 e 72,81% para o farelo de trigo, de 86,01 e 84,66% para o farelo de soja, de 85,19 e 84,29% para o glúten de milho e de 76,74 e 75,56% para a farinha de peixe, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são de 85,21 e 83,97% para o milho, de 84,41 e 83,74% para o farelo de trigo, de 87,22 e 87,51% para o farelo de soja, de 87,97 e 87,34% para o glúten de milho e de 79,58 e 78,44% para a farinha de peixe, respectivamente.

ABSTRACT

RIBEIRO, Felipe Barbosa, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, June, 2009.
Apparent and true digestibilidade of protein and amino acids in foods for Nile tilapia. Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Márvio Lobão Teixeira de Abreu.

The objective of this work was evaluate the apparent and true digestibility of the protein and of the amino acids of some foods by the techniques the decantation and dissection for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) of the thailand line, in growth phase. Two trials were carried out, being the first led among the months of October to December of 2007 and the second, led among the months of September to November of 2008, at the fish nutrition laboratory of the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa. For the two experiments, the treatments had consisted of six diets, each one with a single source protein different (corn, wheat bran, soybean meal, corn gluten meal, fish meal). An additional group was fed with free diet of protein for quantification of the endogenous fraction and determination of the coefficients of true digestibility. The diets were formulated to contain 32% of crude protein for evaluation of the protein foods (soybean meal, corn gluten meal, fish meal) and 6.5% of rude protein for evaluation of the energy foods (corn, wheat bran). In the first experiment, two hundred and fifty two tilápia with weight $310 \pm 9.68\text{g}$, were allotted among the experimental randomized blocks design, with five treatments, six replicates by treatment and seven fishes for experimental unit. Three made aquariums of fiberglass were used, of conical format and with useful volume of 250 liters, endowed with individual systems of aeration, provisioning and drainage of water, with minimum renewal of

water of 25% a day. After the last feeding of the day, all of the aquariums were clean and 50% of the renewed water, making possible like this the removal of any diet residue that could contaminate the feces of the fish. For the decantation technique, the values of the coefficients of apparent digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 83.57 and 82.45%, wheat bran 82.87 and 81.47%, soybean meal 91.12 and 89.41%, corn gluten meal 90.07 and 87.78%, fish meal 83.53 and 81.65%, respectively. The values of the coefficients of true digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 90.02 and 89.60%, wheat bran 89.62 and 89.14%, soybean meal 93.58 and 91.88%, corn gluten meal 92.50 and 90.34%, fish meal 86.01 and 84.27%, respectively. In the second experiment, nine hundred tilapia with weight 315 ± 8.45 g, were allotted among the experimental randomized blocks design, with five treatments, six replicates by treatment and twenty-five fishes for experimental unit. The fish were maintained in six aquariums of polyethylene, with useful volume of 300 liters, endowed with individual systems of aeration, water supply and bottom drainage disposed in recirculation system and minimum renewal of water of 25% a day. The fish were fed with the experimental diets for five days. For the dissection technique, the values of the coefficients of apparent digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 74.69 and 73.62%, wheat bran 73.74 and 72.81%, soybean meal 86.01 and 84.66%, corn gluten meal 85.19 and 84.29%, fish meal 76.74 and 75.56%, respectively. The values of the coefficients of true digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 85.21 and 83.97%, wheat bran 84.41 and 83.74%, soybean meal 87.22 and 87.51%, corn gluten meal 87.97 and 87.34%, fish meal 79.58 and 78.44%, respectively.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil destaca-se por possuir imenso potencial para o desenvolvimento da piscicultura por meio dos 8,4 mil km de litoral e 5,5 milhões de hectares de reservatórios de águas doces, representando, aproximadamente, 8% da água doce disponível no planeta (Piscicultura no Brasil, 2005).

Os cultivos de tilápia se intensificaram particularmente no Nordeste e Sudeste do país, aumentando a produção de 35, em 2001, para 68 mil toneladas em 2005. A produção mundial de tilápias cultivadas ultrapassou dois milhões de toneladas, sendo que a tilápia do Nilo, sozinha, respondeu pela oferta de 1,7 milhão de toneladas em 2005. O Brasil é hoje o 6º maior produtor de tilápia cultivada no mundo (Kubitza, 2007).

Para que este crescimento seja sustentado, um dos grandes desafios da piscicultura é conciliar a obtenção de altas produtividades com menor descarga de resíduos no ambiente aquático, principalmente nas criações intensivas. Em função disto, os nutricionistas têm concentrado esforços para obter informações que permitam formular rações mais completas e economicamente viáveis a fim de obter as respostas zootécnicas preconizadas (Furuya et al., 2000; Storebakken et al., 2000; Furuya, 2001; Sugiura, et al., 2001; Pezzato et al., 2004).

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais e avaliação nutricional dos alimentos para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis excedentes às exigências acarretam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com as excreções do

fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Sugiura, et al., 2001; Wilson, 2003; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005; Lanna et al., 2005).

Como os peixes não possuem exigência em proteína, mas de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis (Wilson, 2003; Ahmed et al., 2004; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005), uma ração formulada com base em proteína bruta, mesmo com adequados níveis de energia, pode não atender às necessidades nutricionais dos peixes para todos os aminoácidos, reduzindo a utilização da fração nitrogenada e produtividade, e aumentando, respectivamente, a descarga de nitrogênio ao ambiente e o custo de produção (Furuya, 2000; Portz, 2001; Furuya, 2001; Twibell, et al., 2003).

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado em estudos visando-se a determinação da exigência de aminoácidos em rações para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005). A proteína ideal corresponde a uma mistura de aminoácidos (todos os 20) com disponibilidade total na digestão, absorção e metabolismo, cuja composição seria idêntica às exigências dos animais para manutenção e crescimento (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004). Em outras palavras, o padrão aminoacídico ideal pode ser definido como o padrão dietético em que cada aminoácido indispensável e a quantidade de aminoácidos dispensáveis (relação aminoácidos dispensáveis: indispensáveis) estão igualmente limitantes para a máxima deposição protéica (Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002).

Neste conceito ficou estabelecido que todos os aminoácidos indispensáveis sejam expressos em proporções ideais ou em relação a um aminoácido de referência, sendo baseado na hipótese de que embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles permanecem praticamente constantes (Parsons & Baker, 1994; Furuya, 2001; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004). A lisina tem sido utilizada como aminoácido de referência por ser facilmente encontrada na forma sintética, pelo baixo custo e rapidez da sua análise e também por ser utilizada quase que exclusivamente para a síntese de proteína corporal (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Miyada, 2001; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004).

Para que o conceito de proteína ideal seja utilizado de forma otimizada, é importante que a digestibilidade de cada aminoácido seja considerada, sendo que o padrão ideal de aminoácidos, apresentado desta forma, é especificado em termos de

aminoácido digestível (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004). Isto é necessário porque o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos pode variar significativamente entre as diferentes fontes protéicas e também entre os aminoácidos para uma mesma fonte, não sendo adequado, portanto, a extrapolação do valor do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta para estimar os valores dos aminoácidos digestíveis (Furuya et al., 2000; Rodehutsord et al., 1997; Furuya et al., 2001; Boisen et al., 2000; Rostagno et al., 2005). Assim, rações que são formuladas baseadas no conceito de proteína ideal sem levar em consideração a digestibilidade de cada aminoácido podem, muitas vezes, não atender as exigências dos animais (Parsons & Baker, 1994; Furuya et al., 2000; Furuya et al., 2001).

A digestibilidade dos aminoácidos pode ser expressa como verdadeira ou aparente, dependendo se são ou não consideradas as correções feitas pelos aportes endógenos de compostos nitrogenados. Assim, a digestibilidade verdadeira pode ser determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e nas fezes ou digesta, sendo consideradas as perdas endógenas dos aminoácidos que são subtraídos da quantidade total de aminoácidos presentes nas fezes ou digesta (Sakomura & Rostagno, 2007).

De acordo com Souffrant (1991), o nitrogênio observado no quimo ou nas fezes, quando se fornece uma dieta isenta de proteína (DIP), provém de enzimas, mucinas, amidas, aminas, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo. Segundo este autor, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas.

A determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos utilizados é baseada em medidas feitas pela coleta das fezes dos animais, o que poderá depender fundamentalmente das condições e metodologias utilizadas na realização dos experimentos de digestibilidade (Portz, 2001). Dessa forma, alguns trabalhos têm sido realizados com o intuito de obter uma metodologia de avaliação nutricional que represente adequadamente a digestão do alimento no sistema digestivo do peixe, seja prática, de rápida execução, apresente baixo custo e possa ser utilizada como rotina na avaliação de alimentos, não sendo fácil, até então, obter uma proposta unificada de avaliação da digestibilidade de proteína e aminoácidos (Vandenberg & De La Noue 2001; Abimorad & Carneiro, 2004).

O método direto é determinado através da diferença entre a quantidade de nutriente presente no alimento oferecido ao peixe e a quantidade de nutriente presente

nas fezes (Lovell, 1998). Em peixes, como há dificuldade na coleta total das fezes e na medição precisa da quantidade de alimento consumido, têm-se utilizado o método indireto de medição dos coeficientes de digestibilidade, que consiste na coleta parcial de fezes, por meio da utilização de um indicador indigestível na dieta. O indicador mais utilizado em estudos de digestibilidade em peixes têm sido o óxido crômico (Bremer Neto et al., 2003).

No método indireto, várias técnicas de coleta de fezes são descritas na literatura. As amostras de fezes podem ser coletadas com os peixes dentro d'água, em um aquário após defecação, ou com o peixe fora d'água. As técnicas de coleta das fezes feitas com o peixe dentro da água podem ser conduzidas em câmaras metabólicas (Smith & Lovell, 1971), através de peneiras acopladas em tanques (Windell et al., 1978), por pipetagem direta no fundo do tanque (Alliot et al., 1978), por decantação (Cho, 1982) ou por filtragem contínua (Choubert et al., 1979; Choubert et al., 1982). Nestas técnicas pode haver fragmentação das fezes e lixiviação dos seus componentes, principalmente de nitrogênio, visto que mais de 30% do nitrogênio excretado pelo peixe pode ser altamente solúvel (Lied et al., 1982), além de possíveis efeitos de degradação por ação microbiana. Todos estes fatores podem contribuir para uma possível superestimação dos valores de digestibilidade propostos, devido às perdas de nutrientes das fezes (Glencross et al., 2007).

Para alguns autores, a técnica que evitaria qualquer perda de nutrientes é feita pela retirada do peixe da água, onde as amostras são coletadas diretamente na região posterior do intestino. Os métodos mais utilizados são o de dissecação (Smith & Lovell, 1971, 1973; Austreng, 1978; Windell et al., 1978; Henken et al., 1985), compressão abdominal (Hinaba et al., 1962; Nose, 1967; Austreng, 1978; Windell et al., 1978; Vens-Cappel, 1985), e sucção anal (Lovell, 1977; Windell et al., 1978; Brown et al., 1985). No entanto, na utilização destas técnicas, o material fecal pode ainda não estar totalmente digerido ou absorvido, além das possibilidades de contaminação por material endógeno, além do estresse pela intensa manipulação. Uma outra crítica que tem sido atribuída a este método é a da possibilidade de ocorrer redistribuição de material fecal no trato intestinal após a eutanásia, passando material menos digerido para o intestino posterior. Todos estes fatores podem contribuir para uma possível subestimação dos resultados de digestibilidade encontrados (Glencross et al., 2007).

Em virtude destas variáveis têm-se observado na literatura uma grande variação nos coeficientes de digestibilidade aparente obtidos para um mesmo alimento

(ingrediente) entre e dentre as espécies de peixe, sendo, portanto, de suma importância o estudo das técnicas de avaliação de alimentos que podem contribuir para essa variação (Wilson et al., 1981; Yamamoto et al., 1998; Furuya et al., 2001; Köprücü & Özdemir, 2005; Gonçalves et al., 2007; Abimorad et al., 2008).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de grande interesse na piscicultura atual, pois, é o segundo grupo de peixes de água doce cultivado no mundo, ficando atrás apenas das carpas (Lovshin, 1997; Alceste & Jorry, 1998). No Brasil, é a espécie mais cultivada, respondendo por cerca da metade da produção anual de peixes cultivados (Lovshin & Cyrino, 1998). O destaque alcançado por esta espécie advém de sua tolerância ao baixo nível de oxigênio e altos níveis de amônia dissolvidos na água (Alceste & Jorry, 1998), do seu rápido crescimento, da boa conversão alimentar e do consumo de ração artificial desde a fase larval (Meurer et al., 2000). Sobressai-se também por adequar-se à indústria de filetagem, devido à ausência de espinhos musculares em “Y”, por ter ótima aceitação no mercado consumidor, pelas características organolépticas de seu filé e por mostrar-se bastante apreciada nos pesque-pagues (Meurer et al., 2003).

Os peixes onívoros possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de rações com elevadas porcentagens de ingredientes vegetais, pois utilizam mais eficientemente os carboidratos (Kubarik, 1997) e a proteína dessas fontes (Tengjaroenkul et al., 2000), em relação aos carnívoros. Isso possibilita redução no custo com a alimentação (Degani et al., 1997), principalmente com as tilápias (Degani & Revach, 1991), que se destacam entre as espécies onívoras na utilização dos aminoácidos das fontes protéicas convencionais e alternativas de origem vegetal (Fagbenro, 1998).

Para a tilápia do Nilo, existem poucas informações sobre os aminoácidos digestíveis dos principais alimentos utilizados na formulação das rações. Somado a isto, além da escassez de pesquisas na literatura comparando valores de coeficientes de digestibilidade de aminoácidos obtidos por diferentes técnicas para tilápia do Nilo, os valores dos aminoácidos digestíveis determinados são expressos em valores aparentes.

Assim, justifica-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e aminoácidos de alguns alimentos, utilizando-se as técnicas de decantação e dissecação para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Esta Tese foi redigida seguindo-se as normas para redação da Tese (UFV, 2008) em forma de capítulos e os capítulos elaborados com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaracatus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.5, p. 1101-1109, 2004.
- AHMED, I.; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.35, p.162-170, 2004.
- ALCESTE, C.; JORRY, D. Análisis de las tendencias actuales em comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Union Europea. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p. 349.
- ALLIOT, E.; PASTOREAUDT, A.; PELAEZ HUDLET, J.; MÉTAILLER, R. Utilisation des farines végétales et des levures cultivées sur alcanes pour l'alimentation du bar (*Dicentrarchus labrax*). **Proceedings...** World Symposium Finfish Nutrition Fishfeed Technology. Hamburg. Heenemann, Berlin, vol.2, p,229-238, 1978.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of gastro-intestinal tract. **Aquaculture**, v.13, p.265-272, 1978.
- BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science** v.64, p.239-251, 2000.
- BOISEN, S. ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - resultados preliminares IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42.,

- 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002a.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.546-551, 2002b.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.629-633, 2006.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.249-255, 2003.
- BROWN, B.P.; STRANGE, R.J.; ROBBINS, K.R. Protein digestibility coefficients for yearling channel catfish fed high protein feedstuffs. **The Progressive Fish Culturist**, v.54, p.44-49, 1985.
- CHO, C.Y. Effects of dietary protein and lipid levels on energy metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). In: Ekern, A.; Sundstl, F. Energy Metabolism of Farm Animals. Norway: **European Association for Animal Production**, p.175-183. 1982.
- CHOUBERT, G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. **The Progressive Fish Culturist**, v.41, p.64-67, 1979.
- CHOUBERT, G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Digestibility in fish: Improved device for the automatic collection of feces. **Aquaculture**, v.29, p.185-189, 1982.
- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, Abeokuta, v. 22, p. 397-403, 1991.
- DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). Israeli **Journal Aquaculture, Bamidgeh**, v. 49, n. 3, p. 115-123, Sept. 1997.
- FAGBENRO, O. Apparent digestibility of various legumes seed meals in Nile tilapia diets. **Aquaculture International**, Dodrecht, v. 6, n. 1, p. 83-87, 1998.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 1).
- FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. CD-ROM. Palestras. Semi 35.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition** v.13; 17–34, 2007.
- GONÇALVES, S.G.; PEZZATO, L.E.; TACHIBANA, L. et al. Nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, p.97-108, 2002.
- HENKEN, A.M.; KLEINGELD, D.W.; TIJSSEN, P.A.T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquaculture**, v.51, p.1-11, 1985.
- HINABA, D.; OGINO, C.; TAKAMATSU, S.; SUGAMO, S.; HATA, H. Digestibility of dietary components in fish. I. Digestibility of dietary proteins in rainbow trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.28, p.367-371, 1962.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, n. 250, p. 308-316, 2005.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, Illinois, v. 6, p. 16-18, 1997.
- KUBITZA, F. A produção de pescado no mundo e a aquicultura. **Revista Panorama da Aquicultura**. Rio de Janeiro, mar/abr 2007. p. 17.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. Frequência de alimentação em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando dietas de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos - resultados preliminares. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- LIED, E.; JULSHAMM, K.; BRAEKKAN, O.R. Determination of protein digestibility in Atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science**, v.39, p.854-861, 1982.

- LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding fish**. 2 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998, 267p.
- LOVELL, R.T. Digestibility of nutrients in feedstuffs for catfish. In: Stickney R.R. e Lowell, R.T. (Ed.), **Nutrition and Feeding of Channel Catfish**. **Southern Cooperative Serial Bulletin**, v.218, p.33-37. 1977.
- LOVSHIN, L. L. Tilápia farming: a growing worldwid aquaculture industry. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO E PEIXES, 1., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997. p. 137.
- LOVSHIN, L.L.; CYRINO, J.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1998. p.1-20.
- MARCOULI, P.A.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition** v.12, p.25–33, 2006.
- 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. Suplemento 2.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; BOSCOLO, W. R. Utilização de levedura spray dried na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 479-484, June 2000.
- MIYADA, V.S. O uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. p.195-201.
- NOSE, T. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout. **Bulletin Freshwater Fish**, v.17, n.2, p.97-105, 1967.
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding nonruminants. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.K.; FURUYA, W.N.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: tecArt, 2004. p.75-169.
- PISCICULTURA NO BRASIL. Disponível em www.investmentosalagoas.al.gov.br. Acesso em 22 de novembro de 2008.
- PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD-ROM. Palestras. Semi 36.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a

- semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **Journal of Nutrition** v.127, p.1166-1175, 1997.
- ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T.; LARONDELLE, Y.; KAUSHIK, S.J. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition** v.90, p. 865-876, 2003.
- ROSTAGNO, H. S.; PUPA, J.M.R.; PACK, M. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **Journal Applied Poultry Research**, v.4, p.293-299, 1995.
- ROSTAGNO, R.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N. K. ; ROSTAGNO, H. S. . **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.
- SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SMITH, B.W. & LOVELL, R.T. Digestibility of nutrients in semipurified rations by channel catfish in stainless steel troughs. Proceedings Annual Conference Southeast Association Game Fish Community, v.25, p.425-459, 1971.
- SMITH, B.W. & LOVELL, R.T. Determination of apparent protein digestibility in feeds for channel catfish. **Transaction American Fisheries Society**, v.102, n.4, p.831-835, 1973.
- SOUFFRANT, W. B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p. 147-166.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. **Aquaculture Nutrition** vol.6, p.103-108, 2000.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research** v.32, p.583-592, 2001.
- 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, n. 3/4, p. 317-327, Feb. 2000.
- TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** vol.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Normas para redação de teses**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 4p.
- VANDENBERG, G.W. & DE LA NOUE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces

- collection and three digestibility markers. **Aquaculture Nutrition**, 7, 237–245. 2001
- VENN-CAPPELL, B. Methodical studies on digestion in trout. 1. Reliability of digestion coefficients in relation to methods for feces collection. **Aquaculture Engineering**, v.4, p.33-49, 1985.
- VIDAL JUNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Viçosa, MG: UFV. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. 2000.
- YAMAMOTO, T.; AKIMOTO, A.; KISHI, S. et al. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling Rainbow Trout, Common Carp, and Red Sea Bream. *Fisheries Science*, v.64(3), p.448-458, 1998.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *Journal Nutrition*, 111:923-929, 1981.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: *Amino acid in farm animal nutrition*. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.
- WINDELL, J.R.; FOLITZ, J.W.; SAROKON, J.P. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. **The Progressive Fish Culturist**, v.40, p.51-55, 1978.

Digestibilidade aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos em tilápia do Nilo determinada pela técnica de decantação

RESUMO – Objetivando-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos de cinco alimentos (milho, farelo de trigo, farelo de soja, glúten de milho e farinha de peixe), foram utilizadas 252 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*) em fase de crescimento, da linhagem tailandesa, com peso de $310 \pm 9,68$ g, distribuídos em delineamento em blocos casualizados (repetições no tempo), composto por cinco tratamentos, seis repetições por tratamentos e sete peixes por unidade experimental. Cada dieta experimental continha uma única fonte protéica, composta pelos alimentos estudados. Um grupo adicional de peixes foi alimentado com dieta isenta de proteína para quantificação da fração endógena, para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro. A digestibilidade foi estimada pelo método indireto, utilizando-se óxido crômico na concentração de 0,50% da dieta como indicador, efetuando-se a coleta de fezes em intervalos de 4 horas pela técnica de decantação. Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente para a proteína e a média dos aminoácidos são: milho 83,57 e 82,45%, farelo de trigo 82,87 e 81,47%, farelo de soja 91,12 e 89,41%, glúten de milho 90,07 e 87,78%, farinha de peixe 83,53 e 81,65%, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são: milho 90,02 e 89,60%, farelo de trigo 89,62 e 89,14%, farelo de soja 93,58 e 91,88%, glúten de milho 92,50 e 90,34%, farinha de peixe 86,01 e 84,27%, respectivamente.

Palavras-chave: fase de crescimento, ingredientes, nutrição, *Oreochromis niloticus*

Apparent and true digestibility of the protein and of the amino acids of foods for Nile tilapia by the decantation technique

ABSTRACT - The objective of this work was evaluate the apparent and true digestibility of the protein and of the amino acids of five foods (corn, wheat bran, soybean meal, corn gluten meal, fish meal). Two hundred and fifty two reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in growth phase, thailand line, with weight 310 ± 9.68 g, were allotted among the experimental randomized blocks design, with five treatments, six replicates by treatment and seven fishes for experimental unit. Each experimental diet contained a single source protein, composed by the studied foods. An additional group was fed with free diet of protein for quantification of the endogenous fraction and determination of the coefficients of true digestibility. Chromium oxide (0.50%) was added to the diet as marker, and feces were collected by decantation every four hours. The values of the coefficients of apparent digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 83.57 and 82.45%, wheat bran 82.87 and 81.47%, soybean meal 91.12 and 89.41%, corn gluten meal 90.07 and 87.78%, fish meal 83.53 and 81.65%, respectively. The values of the coefficients of true digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 90.02 and 89.60%, wheat bran 89.62 and 89.14%, soybean meal 93.58 and 91.88%, corn gluten meal 92.50 and 90.34%, fish meal 86.01 and 84.27%, respectively.

Key Words: growth phase, ingredients, nutrition, *Oreochromis niloticus*

Introdução

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais e avaliação nutricional dos alimentos para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis excedentes às exigências acarretam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com as excreções do fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Sugiura, et al., 2001; Wilson, 2003; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005; Lanna et al., 2005).

A digestibilidade dos aminoácidos pode ser expressa como verdadeira ou aparente, dependendo se são ou não consideradas as correções feitas pelos aportes endógenos de compostos nitrogenados. Assim, a digestibilidade verdadeira pode ser determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e nas fezes ou digesta, sendo consideradas as perdas endógenas dos aminoácidos que são subtraídos da quantidade total de aminoácidos presentes nas fezes ou digesta (Sakomura & Rostagno, 2007).

De acordo com Souffrant (1991), o nitrogênio observado na digesta ou nas fezes, quando se fornece uma dieta isenta de proteína, provém de enzimas, mucinas, amidas, aminas, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo. Segundo este autor, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas.

Poucas são as informações sobre os valores de digestibilidade de aminoácidos dos alimentos para tilápia do Nilo e, as existentes, são expressas em valores aparentes. Além disso, têm observado grande variabilidade nos resultados obtidos, cuja variação pode estar relacionada às condições ambientais, tais como a temperatura da água (Bendiksen et al., 2003) e a concentração de oxigênio dissolvido no aquário (Neiji et al., 1993), e a fatores de caráter metodológicos, como tempo de coleta de fezes (Allan et al., 1999), a

técnica de coleta de fezes (Austreng, 1978; Windell et al., 1978) e o tamanho do peixe (Henken et al., 1985).

Objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro da proteína e aminoácidos de alguns alimentos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), utilizando-se a técnica de decantação para coleta de fezes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de Outubro a Dezembro de 2007, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foram utilizadas 210 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso de $310 \pm 9,68$ g, composto por cinco tratamentos, seis repetições e sete peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de cinco dietas experimentais, cada uma com uma única fonte protéica distinta (milho, farelo de trigo, farelo de soja, glúten de milho 60 e farinha de peixe). Um grupo adicional de 42 peixes foi alimentado com dieta isenta de proteína para quantificação da fração endógena e determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro.

A composição percentual analisada da proteína e dos aminoácidos dos alimentos estudados está apresentada na Tabela 1.

As dietas foram formuladas para conter 32% de proteína bruta para avaliação dos alimentos protéicos (farelo de soja, farinha de peixe e glúten de milho) e 6,5% de proteína bruta para avaliação dos alimentos energéticos (milho e farelo de trigo). Os níveis de fibra bruta, cálcio e fósforo (exceto para a farinha de peixe), vitaminas e

minerais foram semelhantes para todas as dietas experimentais. A celulose foi utilizada para que todas as dietas contivessem 3,90% de fibra bruta. Além disso, as dietas continham 0,50% de óxido crômico (Cr_2O_3), utilizado como indicador na determinação da digestibilidade (Tabela 2).

Tabela 1 - Composição química dos alimentos (matéria natural)

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Essencial					
Arginina	0,32	1,00	3,07	1,93	2,99
Histidina	0,21	0,44	1,05	1,18	1,12
Isoleucina	0,23	0,45	1,89	2,48	1,91
Leucina	0,81	0,86	3,16	10,6	3,27
Lisina	0,20	0,61	2,66	0,97	3,48
Metionina	0,14	0,24	0,55	1,41	1,42
Fenilalanina	0,33	0,59	2,12	3,89	1,97
Treonina	0,26	0,49	1,68	2,00	1,98
Valina	0,32	0,66	1,96	2,77	2,42
Não-essencial					
Ácido Aspártico	0,45	1,04	4,86	3,73	4,36
Ácido Glutâmico	1,23	2,60	7,64	13,47	5,76
Alanina	0,49	0,68	1,82	5,55	3,16
Cistina	0,15	0,30	0,55	1,04	0,39
Glicina	0,26	0,79	1,78	1,58	4,2
Serina	0,33	0,65	2,21	3,29	1,98
Tirosina	0,25	0,46	1,53	3,2	1,53
Matéria seca	88,68	88,19	91,01	92,48	91,71
Proteína Bruta	7,33	15,88	46,89	63,92	53,39

¹ Valores expressos em porcentagem

A farinha de peixe utilizada no presente experimento é de fabricação nacional, possuindo valores de 53,39% de proteína bruta, 25,42% de matéria mineral, 6,89% de cálcio e 4,16% de fósforo disponível na matéria natural.

Foram utilizados três aquários de fibra de vidro, de formato cônico e com volume útil de 250 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento e escoamento de água, com renovação mínima de água de 25% por dia.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura da água foi aferida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido na água foram aferidos a cada dois dias, respectivamente, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, por meio de iluminação proveniente de lâmpadas mistas, controlado por *timer* automático.

As dietas foram peletizadas e antes do início do experimento foi realizado um ensaio, durante três dias, com o fornecimento de quantidades crescentes das dietas experimentais até se estabelecer o consumo normal.

O ensaio de digestibilidade teve duração de oito dias, sendo três para adaptação e cinco para coleta das fezes.

As dietas foram fornecidas diariamente na quantidade de 2% do peso vivo dos peixes para todos os tratamentos, quatro vezes ao dia, às 9, 12, 15 e 18 horas, divididas em quantidades iguais.

Tabela 2 - Composição percentual e química das dietas experimentais (matéria natural).

Ingredientes	Dietas					
	Dieta isenta de proteína	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Milho	-	78,00	-	-	-	-
Farelo de trigo	-	-	39,50	-	-	-
Farelo de soja	-	-	-	70,60	-	-
Glúten de milho 60	-	-	-	-	52,74	-
Farinha de Peixe	-	-	-	-	-	58,63
Amido de milho	82,53	6,80	49,33	18,48	30,94	28,00
Óleo de soja	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20
Celulose ⁵	5,60	3,73	0,25	0,15	4,85	5,60
Calcáreo Calcítico	0,10	0,70	1,15	1,00	0,90	0,00
Fosfato Bicálcico	4,00	3,00	2,00	2,00	2,80	0,00
Premix Vit. e Mineral ⁴	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Óxido crômico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
SOMA	100	100	100	100	100	100
Composição calculada						
Proteína Bruta (%) ¹	0,00	6,50	6,50	32,00	32,00	32,00
Energia Dig.(kcal/kg) ²	2716	3058	2911	3076	3245	3125
Fibra Bruta (%)	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Cálcio Total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,04
Fósforo Disponível (%)	0,55	0,50	0,39	0,45	0,49	2,44
Lisina Total (%)	0,00	0,19	0,26	1,96	0,53	2,00

¹ Análises realizadas no Laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa – UFV

² Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade de energia dos alimentos, de acordo com Boscolo et al. (2002) e Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo

⁴ Composição por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.800 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

⁵ Celulose: fibra bruta = 69,54%

Após a última alimentação do dia, todos os aquários foram limpos e 50% da água renovada, possibilitando assim a remoção de qualquer resíduo de dieta que poderia contaminar as fezes dos peixes. Em seguida, foram acoplados frascos de 250 mL ao fundo dos aquários para a coleta de fezes, por decantação. Os frascos coletores de fezes foram imersos em um recipiente com gelo, a fim de minimizar os possíveis efeitos de degradação das fezes por ação bacteriana. As fezes foram coletadas a cada quatro horas (às 20, 0, 4 e 8 horas).

Após cada coleta, as fezes foram transferidas para tubos de 50 mL, centrifugadas a rotação de 2.296 g por 2 minutos, congeladas a - 70°C e , posteriormente, secas durante 72 horas por liofilização, para evitar degradação dos aminoácidos.

As análises dos teores de matéria seca e proteína bruta dos alimentos, das dietas e das fezes e a concentração de cromo das dietas e das fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa – UFV, conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2003).

As análises dos aminoácidos das dietas, dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda, utilizando-se HPLC – Cromatografia Líquida de Alta Performance. O triptofano e a prolina não foram quantificados.

A digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos foi determinada por meio do cálculo do fator de indigestibilidade, utilizando-se as fórmulas descritas por Rostagno & Featherston (1977), como segue:

1 – Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{Cr_2O_3 \text{ dieta}}{Cr_2O_3 \text{ fezes}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB)

$$\text{CDapPB (\%)} = \frac{\text{PB dieta} - (\text{PB } E_1 \times \text{FI}_1) \times 100}{\text{PB dieta}}$$

em que:

E_1 = fezes da dieta testada

Na determinação dos coeficientes da digestibilidade verdadeira, utilizaram-se os valores de excreção endógena de aminoácidos obtidos com os animais que receberam a dieta isenta de proteína.

3 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB)

$$\text{CDvPB (\%)} = \frac{\text{PB dieta} - (\text{PB fezes} \times \text{FI}_1 - \text{PBe} \times \text{FI}_2) \times 100}{\text{PB dieta}}$$

em que:

PBe = proteína bruta endógena excretada na fezes

FI_1 = fator de indigestibilidade da dieta testada

FI_2 = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP)

4 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA)

$$\text{CDapAA (\%)} = \frac{\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g } E_1 \times \text{FI}_1 \times 100}{\text{mg AA/g dieta}}$$

5 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDvAA)

$$\text{CDvAA (\%)} = \frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g } E_1 \times \text{FI}_1 - \text{mg AA/g } E_2 \times \text{FI}_2) \times 100}{\text{mg AA/g dieta}}$$

em que:

E_2 = fezes da dieta isenta de proteína (DIP)

Resultados e Discussão

Foram obtidos os valores de $28,0 \pm 0,68^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $6,5 \pm 0,19$ para o pH e de $6,1 \pm 0,32$ ppm para o oxigênio dissolvido, valores estes dentro da faixa considerada adequada para a criação desta espécie (Furuya, 2000; Kubitza, 2000).

O CDapPB do milho (83,57%) foi similar ao encontrado para farelo de trigo (82,87%) (Tabela 3). Pezzato et al. (2002) também encontraram semelhança entre os coeficientes de digestibilidade da fração protéica do milho e do farelo de trigo, apesar da divergência dos valores absolutos encontrados, de 91,66 e 91,13%, respectivamente. Porém, esses valores diferem dos encontrados por Furuya et al. (2001), que correspondem a 87,12 e 78,21%, respectivamente.

Estas diferenças podem ser atribuídas, em parte, aos teores de fibra bruta das dietas experimentais usadas para determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica, principalmente nas dietas contendo farelo de trigo, encontradas na literatura. Vários estudos têm demonstrado que a variação dos níveis de fibra bruta em dietas para peixes pode alterar a digestibilidade, a velocidade de trânsito gastrointestinal e a morfologia do trato digestivo (Buhler & Halver, 1961; Leary & Lovell, 1975; Lanna et al., 2004; Dupree & Sneed, 1966; Shiau et al., 1988). Lanna et al. (2004) observaram que níveis de até 5,00% de fibra bruta não influenciam na digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta para alevino de tilápia do Nilo.

Nesta pesquisa, todas as dietas experimentais continham 3,90% de fibra bruta, teor considerado tolerável e sem interferência significativa nos valores dos coeficientes de digestibilidade da proteína e velocidade de trânsito do bolo alimentar para tilápia do Nilo (Hilton et al., 1983; Pereira-Filho, 1989; Dioundick & Stom, 1990; NRC, 1993; Lanna et al., 2004; Meurer et al, 2003).

Os valores médios dos CDapAA para o milho e o farelo de trigo corresponderam , respectivamente, a 82,45% e 81,47% (Tabela 3). Entre os aminoácidos essenciais, a arginina foi o que apresentou o maior coeficiente de digestibilidade aparente que correspondeu a 86,13% para o milho e 84,97% para o farelo de trigo.

O menor valor de coeficiente de digestibilidade aparente, dentre os aminoácidos essenciais foi verificado para a treonina tanto no milho como no farelo de trigo, que apresentaram valores, respectivos de 79,41 e 77,75%. A baixa digestibilidade da treonina, para estes alimentos, é consistente com os resultados de outros estudos (Wilson et al. 1981; Gonçalves et al., 2007) e se deve, provavelmente, à sua alta concentração na mucina da mucosa intestinal (Fuller, 1994).

Dentre os alimentos protéicos, o valor do CDapPB do farelo de soja (91,12%) foi semelhante ao do glúten de milho (90,07%), com a farinha de peixe apresentando menor valor (83,53%) (Tabela 3).

O CDapPB do farelo de soja obtido nesse estudo foi superior ao encontrado por Köprücü & Özdemir (2005), de 87,40% e inferior ao obtido por Gonçalves et al. (2007), de 94,13%. Por outro lado, vários resultados encontrados na literatura são próximos ao obtido neste estudo, como o de 92,72% obtido por Furuya et al.(2001), de 91,56% obtido por Pezzato et al. (2002) e de 89,28% obtido por Boscolo et al. (2002). Para o glúten de milho, o CDapPB foi semelhante ao obtido por Gonçalves et al.(2007) de 89,32% e também por Köprücü & Özdemir (2005), de 89,00%, porém, inferior ao relatado por Pezzato et al. (2002), de 95,96% e por Meurer et al. (2003), de 97,61%.

Com relação ao CDapPB da farinha de peixe, os resultados encontrados na literatura variam entre 78,55% a 90,66% (Pezzato et al., 2002; Meurer et al., 2003). Entretanto, apresentam-se similares aos encontrados por Gonçalves et al. (2007) e Furuya et al. (2001), correspondente a 82,59 e de 84,95%, respectivamente.

Segundo Aksnes et al. (1997), as farinhas de peixe disponíveis no mercado apresentam grande variação na qualidade, o que pode ser atribuído ao tipo de material e às condições de processamento. Em 27 amostras de farinha de peixe, Romero et al. (1994) observaram variação de 84,5 a 97,0% para digestibilidade da proteína em trutas arco-íris. As farinhas de peixe brasileiras apresentam muitas vezes baixos coeficientes de digestibilidade por serem formuladas com resíduos de abate, podendo apresentar altas porcentagens de cinzas e proteína de baixa qualidade, proveniente da matriz protéica dos ossos, da pele, das escamas e das vísceras (Boscolo et al., 2004).

O CDapAA médio para o farelo de soja, glúten de milho e o farinha de peixe foram de 89,41%, 87,78% e 81,65%, respectivamente (Tabela 3).

A arginina foi o aminoácido essencial de maior CDap para todos os alimentos protéicos testados, com valores de 93,57, 91,95 e 88,20%, para o farelo de soja, o glúten de milho e a farinha de peixe, respectivamente. A maioria dos trabalhos encontrados na literatura, tanto para a tilápia do Nilo quanto para outras espécies de peixes, também confirma a arginina como o primeiro ou o segundo maior valor de CDap dentre os aminoácidos essenciais para o farelo de soja (Wilson et al., 1981; Yamamoto et al., 1998; Furuya et al., 2001; Köprücü & Özdemir, 2005; Abimorad et al., 2008), para o glúten de milho (Yamamoto et al., 1998; Abimorad et al., 2008) e para a farinha de peixe (Wilson et al., 1981; Yamamoto et al., 1998; Furuya et al., 2001; Abimorad et al., 2008).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente de proteína (CDapPB) e aminoácidos (CDapAA) dos alimentos determinados pela técnica de decantação¹

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Proteína Bruta	83,57	82,87	91,12	90,07	83,53
Essencial					
Arginina	86,13	84,97	93,57	91,95	88,20
Histidina	81,67	81,09	91,84	89,01	77,61
Isoleucina	79,99	79,51	90,01	85,56	78,53
Leucina	83,39	80,92	91,62	89,13	84,52
Lisina	80,38	79,92	91,79	85,88	81,57
Metionina	80,87	79,66	90,11	91,16	84,46
Fenilalanina	84,41	80,09	91,41	90,42	81,62
Treonina	79,41	77,75	88,65	87,58	79,81
Valina	81,42	81,01	86,38	87,06	72,52
Não-essencial					
Ácido Aspártico	82,80	80,41	91,42	92,50	83,96
Ácido Glutâmico	81,15	81,75	92,67	81,46	84,42
Alanina	86,24	86,79	90,27	83,30	83,40
Cistina	81,19	79,28	86,10	87,69	82,34
Glicina	82,90	87,32	76,43	85,83	81,84
Serina	85,99	80,40	91,17	90,46	79,63
Tirosina	81,26	82,59	87,15	85,44	82,02
Média	82,45	81,47	89,41	87,78	81,65

¹ Valores expressos em porcentagem, com base na matéria natural

Os menores valores de CDapAA foi verificado para os aminoácidos alifáticos, a valina para o farelo de soja (86,38%) e para farinha de peixe (72,52%) e a isoleucina para o glúten de milho (85,56%). Esses aminoácidos alifáticos também apresentaram menores valores de CDap em vários trabalhos para o farelo de soja (Furuya et al., 2001; Gonçalves et al. 2007), para o glúten de milho (Yamamoto et al., 1998; Gonçalves et al. 2007; Abimorad et al., 2008) e para a farinha de peixe (Yamamoto et al., 1998;

Abimorad et al., 2008). Uma hipótese que poderia explicar a baixa digestibilidade é que estes aminoácidos são usualmente localizados no interior da proteína, devido a sua natureza hidrofóbica, prejudicando a hidrólise das ligações peptídicas (Nissen, 1992).

Apesar dos resultados obtidos neste estudo e na literatura apresentarem algumas semelhanças com relação aos maiores e aos menores CDap dos aminoácidos essenciais, para os alimentos estudados, os valores em si dos CDap dos aminoácidos apresentam grande variação. Por exemplo, para o CDap da lisina do farelo de soja encontra-se na literatura variando de 83,40 a 97,01% para a tilápia do Nilo (Furuya et al., 2001; Köprücü & Özdemir, 2005; Gonçalves et al., 2007), e o valor encontrado neste estudo foi de 80,38%.

Além das diferenças em relação às espécies estudadas, outro fator que dificulta a comparação dos valores de CD da proteína bruta e dos aminoácidos com os encontrados na literatura é a variabilidade das metodologias empregadas nos trabalhos. Um dos fatores que poderia explicar, pelo menos em parte, a variação nos resultados de digestibilidade é o intervalo de coleta na técnica de decantação. Abimorad & Carneiro (2004) observaram que com o avanço do intervalo das coletas, houve aumento nos coeficientes de digestibilidade da proteína nos alimentos avaliados, indicando uma possível ocorrência de pequenas perdas de nutrientes por lixiviação. Neste estudo, para minimizar as perdas por lixiviação, foram feitas coletas em intervalos de quatro horas, diferentemente da maioria dos trabalhos encontrados na literatura, com intervalo de 12 horas de coleta.

Os valores das perdas de proteína e aminoácidos endógenos obtido neste estudo (Tabela 4) assemelham-se com os valores descritos por Yamamoto et al. (1998) para carpa comum (*Cyprinus carpio*). Porém, estes mesmos autores observaram diferença quantitativa de aproximadamente três vezes maior nos valores absolutos das perdas

endógenas de todos os aminoácidos para pargo-vermelho (*Pagrus major*), quando comparado com a carpa comum (*Cyprinus carpio*). O pargo-vermelho (*Pagrus major*) é uma espécie de hábito alimentar carnívoro, diferentemente da carpa comum, espécie de hábito alimentar onívora, como a tilápia do Nilo. As espécies de hábito alimentar carnívoro provavelmente apresentam maior perda endógena de proteína quando comparadas às espécies onívoras, conforme relatado por Hendriks et al. (2002).

Os valores das perdas endógenas obtidos neste estudo foram relativamente baixos para metionina e cistina, o que pode ser explicado, em parte, pelo baixo conteúdo de aminoácidos sulfurados, tanto na camada de mucina quanto em secreções pancreáticas, em comparação aos demais aminoácidos (Pozza et al., 2003).

Tabela 4 – Perdas de proteína e aminoácidos endógenos, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e obtidos pela técnica de decantação

Aminoácidos	mg/g DIP consumida
Arginina	0,375
Histidina	0,233
Isoleucina	0,311
Leucina	0,505
Lisina	0,273
Metionina	0,228
Fenilalanina	0,382
Treonina	0,480
Valina	0,420
Ácido Aspártico	0,529
Ácido Glutâmico	0,670
Alanina	0,428
Cistina	0,187
Glicina	0,444
Serina	0,319
Tirosina	0,355
Proteína Bruta	8,840

As informações sobre coeficientes de digestibilidade da fração protéica dos alimentos para tilápia do Nilo têm sido expressas em valores aparentes (Furuya et al., 2001; Köprücü & Özdemir, 2005; Gonçalves et al., 2007) e os trabalhos que disponibilizam valores verdadeiros de digestibilidade foram obtidos com outras espécies de peixes, como o de Wilson et al. (1981), para bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e o de Yamamoto et al. (1998), para carpa comum (*Cyprinus carpio*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e pargo-vermelho (*Pagrus major*).

O CDvPB para o milho e o farelo de trigo foram de 90,02% e 89,62%, respectivamente (Tabela 5). Para estes alimentos, não foram encontrados na literatura valores de CDvPB para comparação com os dados obtidos neste estudo. Entretanto, para o CDvAA médio, Wilson et al. (1981) encontraram para o milho e o farelo de trigo valores de 79,10% e 91,10% para bagre do canal, respectivamente, que diferem dos valores obtidos neste estudo, de 89,60% e 89,14%, respectivamente.

Para os alimentos protéicos, os valores de CDvPB do farelo de soja (93,58%) e do glúten de milho (92,50%) foram superiores aos encontrados por Yamamoto et al. (1998), que corresponderam a 92,20% e 78,10%, respectivamente, para carpa comum. O valor obtido para a farinha de peixe, de 86,01%, foi inferior ao determinado pelos mesmos autores, de 90,60%. Quanto aos valores de CDvAA médio obtidos de 91,88% para o farelo de soja, de 90,34% para o glúten de milho e de 84,27% para a farinha de peixe, foram superiores aos obtidos por Wilson et al. (1981) de 84,20% para o farelo de soja e de 72,50% para a farinha de peixe, porém inferiores aos obtidos por Yamamoto et al. (1998) de 92,80% para o farelo de soja e de 91,30% para a farinha de peixe, com exceção do glúten de milho, com valor de 80,80%.

Tabela 5- Coeficientes de digestibilidade verdadeiro de proteína (CDvPB) e aminoácidos (CDvAA) dos alimentos determinados pela técnica de decantação¹

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Proteína Bruta	90,02	89,62	93,58	92,50	86,01
Essencial					
Arginina	92,61	92,28	95,47	95,06	90,43
Histidina	89,28	89,59	94,54	92,10	80,44
Isoleucina	87,67	88,10	92,25	87,88	81,04
Leucina	87,47	87,93	93,80	90,70	86,95
Lisina	91,01	87,07	93,68	90,63	83,42
Metionina	91,14	93,13	93,85	93,83	87,24
Fenilalanina	90,79	88,40	93,72	92,44	84,27
Treonina	88,23	86,62	91,31	89,46	82,54
Valina	88,71	88,57	89,00	89,67	75,13
Não-essencial					
Ácido Aspártico	89,57	86,33	93,24	94,97	86,22
Ácido Glutâmico	83,70	84,37	94,32	82,98	86,46
Alanina	91,00	91,39	93,07	87,26	85,63
Cistina	88,35	87,60	89,45	90,62	87,58
Glicina	93,08	94,09	79,31	87,68	83,82
Serina	91,31	86,33	93,23	92,44	81,96
Tirosina	89,61	94,46	89,79	87,64	85,24
Média	89,60	89,14	91,88	90,34	84,27

¹ Valores expressos em porcentagem, com base na matéria natural

Conclusões

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e a média dos aminoácidos são de 83,57 e 82,45% para o milho, de 82,87 e 81,47% para o farelo de trigo, de 91,12 e 89,41% para o farelo de soja, de 90,07 e 87,78% para o glúten de milho e de 83,53 e 81,65% para a farinha de peixe, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são de 90,02 e 89,60% para o milho, de 89,62 e 89,14% para o farelo de trigo, de 93,58 e 91,88% para o farelo de soja, de 92,50 e 90,34% para o glúten de milho e de 86,01 e 84,27% para a farinha de peixe, respectivamente.

Agradecimento

À Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda., pela realização dos aminogramas.

Literatura Citada

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO D. J. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Protéica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1101-1109, 2004.
- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p.374-380, 2008.
- AKSNES, A.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAINA, L. et al. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.153, p.251-261, 1997.
- ALLAN, G.L.; ROWLAND, S.J.; PARKINSON, S.; STONE, D.A.J.; JANTRAROTAI, W. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*: development of methods. **Aquaculture** 170, 131-145, 1999.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of content from different segments of gastro-intestinal tract. **Aquaculture** 13, 265-272. 1978.
- BENDIKESSEN, E.A.; ARNESEN, A.M.; JOBING, M. Effects of dietary fatty acid profile and fat content on smolting and seawater performance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v.225, p.149-163, 2003.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - resultados preliminares IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduos da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.8-13, 2004.
- BUHLER, D.R.; HALVER, J.E. Nutrition of salmoid fishes. IX. Carbohydrate requirements of Chinook salmon. **Journal of Nutrition**, v.74, p.305-318, 1961.

- DIOUNDICK, O.B.; STOM, D. Effects of dietary alfa cellulose on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, v.91, n.3/4, p.311-315, 1990.
- DUPREE, H.K.; SNEED, K.E. Response of channel catfish fingerlings to different levels of major nutrients in purified diets. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. U. **Technical Paper** n.9, 1966.
- FULLER, M.F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D’MELLO, J.P.F (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. Edinburgh: The Scottish Agricultural College, 1994. p.155-184.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 1).
- FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G et al. Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- GONÇALVES, S.G.; PEZZATO, L.E.; TACHIBANA, L. et al. Nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).
- HENDRIKS, W.H.; SRITHARAN, K.; HODGKINSON, S.M. Comparison of the endogenous ileal and faecal amino acid excretion in the dog (*Canis familiaris*) and the rat (*Rattus rattus*) determined under protein-free feeding and peptide alimentation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Danwers, v.86, p.333-341, 2002.
- HENKEN, A. M.; KLEIGELD, D. W.; TILSSEN, P.A.T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish, *Clarias gariepinus*, **Aquaculture**, v.51, p. 1-12, 1985.
- HILTON, J.W.; ATKINSON, J.L.; SLINGER, S.J. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdinerri*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.40, p.81-85, 1983.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, n. 250, p. 308-316, 2005.

- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R. et al. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2186-2192, 2004 (Supl. 3).
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. Frequência de alimentação em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando dietas de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos - resultados preliminares. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- LEARY, D.F., LOVELL, R.T. Value of fiber in production-type diets for channel catfish. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.2, p.328-332, 1975.
- MCLEAN, E., ROENSHOLDT, B., STEN, C. et al. Gastrointestinal delivery of peptide and protein drugs to aquacultured teleosts. **Aquaculture**, 177, 231-247, 1999.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra Bruta para Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 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. Suplemento 2.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1993. 102p.
- NEIJI, H.; NAIMI, N.; LALLIER, R.; DE LA NOUE, J. **Relationships between feeding, hypoxia, digestibility and experiment furunculosis in rainbow trout**. Ed. INRA, Paris, 1993, (Les Colloques, nº61), p 186-197.
- NISSEN, S., 1992, **Modern methods in protein nutrition and metabolism**. Academic Press, Inc.
- PEREIRA-FILHO, M. **Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra no desempenho, digestibilidade da fração protéica e características da carcaça de carpa (*Cyprinus carpio* L. 1758)**. Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo, 1989. 96p. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual de São Paulo, 1989.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.D.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Avaliação da perda endógena de aminoácido; em função de diferentes níveis de fibra para suíno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1354-1361, 2003.
- ROMERO, J.J.; CASTRO, E.; DÍAZ, A.M. et al. Evaluation of methods to certify the “premium” quality of Chilean Fish Meals. *Aquaculture*, v.124, n.1-4, p.351-358, 1994.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- SAKOMURA, N. K. ; ROSTAGNO, H. S. . **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.
- SHIAU, S.Y.; YU, H.L.; HWA, S. et al. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. *Aquaculture*, v.70, p.345-354, 1988.
- SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SOUFFRANT, W. B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: *DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS*, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p. 147-166.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research* v.32, p.583-592, 2001.
- YAMAMOTO, T.; AKIMOTO, A.; KISHI, S. et al. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling Rainbow Trout, Common Carp, and Red Sea Bream. *Fisheries Science*, v.64(3), p.448-458, 1998.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *Journal Nutrition*, 111:923-929, 1981.
- WINDELL, J.R.; FOLITZ, J.W.; SAROKON, J.P. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *The Progressive Fish Culturist*, v.40, p.51-55, 1978.

Digestibilidade aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos em tilápia do Nilo determinada pela técnica de dissecação

RESUMO – Objetivando-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos de cinco alimentos (milho, farelo de trigo, farelo de soja, glúten de milho e farinha de peixe), foram utilizadas 900 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*) em fase de crescimento, da linhagem tailandesa, com peso de $315 \pm 8,45$ g, distribuídos em delineamento em blocos casualizados (repetições no tempo), composto por cinco tratamentos, seis repetições por tratamento e 25 peixes por unidade experimental. Cada dieta experimental continha uma única fonte protéica, composta pelos alimentos estudados. Um grupo adicional de peixes foi alimentado com dieta isenta de proteína para quantificação da fração endógena, para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro. A digestibilidade foi estimada pelo método indireto, utilizando-se óxido crômico na concentração de 0,50% da dieta como indicador, efetuando-se a coleta da digesta na porção distal do intestino a 5 cm do ânus (entre a válvula íleo-retal e o ânus) do peixe, pela técnica de dissecação. Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente para a proteína e para a média dos aminoácidos são: milho 74,69 e 73,62%, farelo de trigo 73,74 e 72,81%, farelo de soja 86,01 e 84,66%, glúten de milho 85,19 e 84,29%, farinha de peixe 76,74 e 75,56%, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e para a média dos aminoácidos são: milho 85,21 e 83,97%, farelo de trigo 84,41 e 83,74%, farelo de soja 87,22 e 87,51%, glúten de milho 87,97 e 87,34%, farinha de peixe 79,58 e 78,44%, respectivamente.

Palavras-chave: fase de crescimento, ingredientes, nutrição, *Oreochromis niloticus*

Apparent and true digestibility of the protein and of the amino acids of foods for Nile tilapia by the dissection technique

ABSTRACT - The objective of this work was evaluate the apparent and true digestibility of the protein and of the amino acids of five foods (corn, wheat bran, soybean meal, corn gluten meal, fish meal). Nine hundred reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in growth phase, thailand line, with weight $315\pm 8.45\text{g}$, were allotted among the experimental randomized blocks design, with five treatments, six replicates by treatment and twenty-five fishes for experimental unit. Each experimental diet contained a single source protein, composed by the studied foods. An additional group was fed with free diet of protein for quantification of the endogenous fraction and determination of the coefficients of true digestibility. Chromium oxide (0.50%) was added to the diet as marker, occurring the collection of the digesta in the distal portion of the intestine to 5 cm of the anus (between the ileo-rectal valve and the anus) of the fish, for the dissection technique. The values of the coefficients of apparent digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 74.69 and 73.62%, wheat bran 73.74 and 72.81%, soybean meal 86.01 and 84.66%, corn gluten meal 85.19 and 84.29%, fish meal 76.74 and 75.56%, respectively. The values of the coefficients of true digestibility for the protein and the average of the amino acids are: corn 85.21 and 83.97%, wheat bran 84.41 and 83.74%, soybean meal 87.22 and 87.51%, corn gluten meal 87.97 and 87.34%, fish meal 79.58 and 78.44%, respectively.

Key Words: growth phase, ingredients, nutrition, *Oreochromis niloticus*

Introdução

Um dos grandes desafios da piscicultura é conciliar a obtenção de alta produtividade com menor descarga de resíduos no ambiente aquático, principalmente de nitrogênio e fósforo, nas criações intensivas que dependem exclusivamente de rações balanceadas (Sugiura, et al., 2001; Furuya et al., 2005; Lanna et al., 2005).

A avaliação dos coeficientes de digestibilidade de um alimento é um importante instrumento na obtenção de seu valor nutricional para formulação de rações nutricionalmente completas para peixes e a sua determinação tem sido baseada em medidas feitas pela coleta das fezes dos animais, o que poderá depender fundamentalmente das condições e metodologias utilizadas na realização dos experimentos com digestibilidade (Portz, 2001).

Alguns trabalhos têm sido realizados com o intuito de obter uma metodologia de avaliação nutricional que represente adequadamente a digestão do alimento no sistema digestivo do peixe, seja prática, de rápida execução, apresente baixo custo e possa ser utilizada como rotina na avaliação de alimentos, não sendo fácil, até então, obter uma proposta unificada de avaliação da digestibilidade de proteína e aminoácidos (Vandenberg & De La Noue 2001; Abimorad & Carneiro, 2004).

Dentre as técnicas de coleta de fezes com os peixes dentro d'água, destaca-se a técnica de decantação (Cho et al., 1982) como a mais utilizada atualmente. Nestas técnicas pode haver fragmentação das fezes e lixiviação dos seus componentes, podendo contribuir para uma possível superestimação dos valores de digestibilidade propostos (Glencross et al., 2007).

Para alguns autores, as técnicas que evitariam qualquer perda de nutrientes por lixiviação seriam as realizadas por meio da retirada do peixe da água, onde as amostras são coletadas diretamente na região posterior do intestino, como proposto pela técnica

de dissecação (Smith & Lovell, 1971, 1973; Austreng, 1978; Windell et al., 1978; Henken et al., 1985).

Realizou-se este trabalho com a finalidade de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro da proteína e aminoácidos de alguns alimentos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), utilizando-se a técnica de dissecação para coleta de fezes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de Setembro a Novembro de 2008, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foram utilizadas 750 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso de $315 \pm 8,45$ g, distribuídos em delineamento em blocos casualizados (repetições no tempo), composto por cinco tratamentos, seis repetições e 25 peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de cinco dietas experimentais, cada uma com uma única fonte protéica distinta (milho, farelo de trigo, farelo de soja, glúten de milho 60 e farinha de peixe). Um grupo adicional de 150 peixes foi alimentado com dieta isenta de proteína para quantificação da fração endógena e determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros da proteína e dos aminoácidos.

A composição percentual analisada da proteína e dos aminoácidos dos alimentos estudados está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Composição química dos alimentos¹

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Essencial					
Arginina	0,32	1,00	3,07	1,93	2,99
Histidina	0,21	0,44	1,05	1,18	1,12
Isoleucina	0,23	0,45	1,89	2,48	1,91
Leucina	0,81	0,86	3,16	10,6	3,27
Lisina	0,20	0,61	2,66	0,97	3,48
Metionina	0,14	0,24	0,55	1,41	1,42
Fenilalanina	0,33	0,59	2,12	3,89	1,97
Treonina	0,26	0,49	1,68	2,00	1,98
Valina	0,32	0,66	1,96	2,77	2,42
Não-essencial					
Ácido Aspártico	0,45	1,04	4,86	3,73	4,36
Ácido Glutâmico	1,23	2,60	7,64	13,47	5,76
Alanina	0,49	0,68	1,82	5,55	3,16
Cistina	0,15	0,30	0,55	1,04	0,39
Glicina	0,26	0,79	1,78	1,58	4,2
Serina	0,33	0,65	2,21	3,29	1,98
Tirosina	0,25	0,46	1,53	3,2	1,53
Matéria seca ³	88,68	88,19	91,01	92,48	91,71
Proteína Bruta	7,33	15,88	46,89	63,92	53,39

¹ Valores expressos em porcentagem, com base na matéria natural

As dietas foram formuladas para conter 32% de proteína bruta para avaliação dos alimentos protéicos (farelo de soja, farinha de peixe e glúten de milho) e 6,5% de proteína bruta para avaliação dos alimentos energéticos (milho e farelo de trigo). Os níveis de fibra bruta, cálcio e fósforo (exceto para a farinha de peixe), vitaminas e minerais foram semelhantes para todas as dietas experimentais. A celulose foi utilizada para que todas as dietas contivessem 3,90% de fibra bruta. Além disso, as dietas

continham 0,50% de óxido crômico (Cr_2O_3), utilizado como indicador na determinação da digestibilidade (Tabela 2).

A farinha de peixe utilizada no presente experimento é de fabricação nacional, possuindo valores de 53,39% de proteína bruta, 25,42% de matéria mineral, 6,89% de cálcio e 4,16% de fósforo disponível na matéria natural.

Os peixes foram mantidos em seis aquários de polietileno, com volume útil de 300 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento de água e escoamento de fundo dispostos em sistema de recirculação e renovação mínima de água de 25,0% por dia.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura foi aferida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido na água foram realizados a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, por meio de iluminação proveniente de lâmpadas mistas, controlado por *timer* automático.

As dietas foram peletizadas e antes do início do experimento foi realizado um ensaio, durante três dias, com o fornecimento de quantidades crescentes das dietas experimentais até se estabelecer o consumo normal.

O ensaio de digestibilidade teve duração de nove dias, sendo três para adaptação, cinco de alimentação com as dietas experimentais e um para coleta da digesta.

Tabela 2- Composição percentual das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas					
	Dieta isenta de proteína	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Milho	-	78,00	-	-	-	-
Farelo de trigo	-	-	39,50	-	-	-
Farelo de soja	-	-	-	70,60	-	-
Glúten de milho 60	-	-	-	-	52,74	-
Farinha de Peixe	-	-	-	-	-	58,63
Amido de milho	82,53	6,80	49,33	18,48	30,94	28,00
Óleo de soja	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20
Celulose ⁵	5,60	3,73	0,25	0,15	4,85	5,60
Calcáreo Calcítico	0,10	0,70	1,15	1,00	0,90	0,00
Fosfato Bicálcico	4,00	3,00	2,00	2,00	2,80	0,00
Premix Vit. e Mineral ⁴	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Óxido crômico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
SOMA	100	100	100	100	100	100
Composição calculada						
Proteína Bruta (%) ¹	0,00	6,50	6,50	32,00	32,00	32,00
Energia Dig.(kcal/kg) ²	2716	3058	2911	3076	3245	3125
Fibra Bruta (%)	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Cálcio Total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,04
Fósforo Disponível (%)	0,55	0,50	0,39	0,45	0,49	2,44
Lisina Total (%)	0,00	0,19	0,26	1,96	0,53	2,00

¹ Análises realizadas no Laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa – UFV

² Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade de energia dos alimentos, de acordo com Boscolo et al. (2002) e Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo

⁴ Composição por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.800 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

⁵ Celulose: fibra bruta = 69,54%

As dietas foram fornecidas diariamente na quantidade de 2% do peso vivo dos peixes para todos os tratamentos, quatro vezes ao dia, às 9, 12, 15 e 18 horas, divididas em quantidades iguais.

No quinto dia, os peixes foram colocados em um balde com gelo para serem anestesiados. Em seguida, as tilápias foram sacrificadas e abertas lateralmente para retirada do conteúdo presente na porção distal do intestino, a 5 cm do ânus (entre a válvula íleo-retal e o ânus) do peixe e colocada em uma placa de Pétri. Utilizando uma tesoura cirúrgica, o intestino foi aberto longitudinalmente e, com uma espátula, o conteúdo foi retirado e transferido para outra placa de Pétri. A digesta de cada unidade experimental, composta por 25 peixes, foi agrupada formando uma única amostra composta. Todo o material foi congelado a - 70°C e posteriormente seco por liofilização durante 72 horas, para evitar degradação dos aminoácidos.

As análises dos teores de matéria seca, proteína bruta dos alimentos, das dietas e das digestas e a concentração de cromo das dietas e das digestas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa – UFV, conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2003).

As análises dos aminoácidos das dietas, dos alimentos e das fezes foram realizadas pelo Laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda, utilizando-se HPLC – Cromatografia Líquida de Alta Performance. O triptofano e a prolina não foram quantificados.

A digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos foi determinada por meio do cálculo do fator de indigestibilidade, utilizando-se as fórmulas descritas por Rostagno & Featherston (1977), como segue:

1 – Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{Cr_2O_3 \text{ dieta}}{Cr_2O_3 \text{ digesta}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB)

$$CDapPB (\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB E_1 \times FI_1) \times 100}{PB \text{ dieta}}$$

em que:

E₁ = digesta da dieta testada

Na determinação dos coeficientes da digestibilidade verdadeira, utilizaram-se os valores de excreção endógena de aminoácidos obtidos com os animais que receberam a dieta isenta de proteína.

3 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB)

$$CDvPB (\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB \text{ digesta} \times FI_1 - PBe \times FI_2) \times 100}{PB \text{ dieta}}$$

em que:

PBe = proteína bruta endógena excretada na digesta

FI₁ = fator de indigestibilidade da dieta testada

FI₂ = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP)

4 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA)

$$CDapAA (\%) = \frac{mg \text{ AA/g dieta} - mg \text{ AA/g } E_1 \times F_1 \times 100}{mg \text{ AA/g dieta}}$$

5 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDvAA)

$$CDvAA (\%) = \frac{mg \text{ AA/g dieta} - (mg \text{ AA/g } E_1 \times F_1 - mg \text{ AA/g } E_2 \times FI_2) \times 100}{mg \text{ AA/g dieta}}$$

em que:

E₂ = digesta da dieta isenta de proteína (DIP)

Resultados e Discussão

Foram obtidos os valores de $28,0 \pm 0,39^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $6,6 \pm 0,13$ para o pH e de $5,9 \pm 0,54$ ppm para o oxigênio dissolvido. O sistema de abastecimento de água e de aeração possibilitou o controle da temperatura e da aeração uniformes, durante o período experimental. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Popma & Phelps (1998).

O CDapPB do milho (74,69%) foi similar ao encontrado para farelo de trigo (73,74%) (Tabela 3), semelhança também encontrada por Ribeiro et al. (2009), com valores de 83,57 e 82,87%, respectivamente, apesar das divergências dos valores absolutos encontrados. Porém, Gonçalves et al. (2007) encontraram para o milho valor correspondente a 89,76%, inferior ao obtido para o farelo de trigo, de 93,54%.

Para os aminoácidos do milho e do farelo de trigo, os valores médios dos CDap foram de 73,62 e 72,81%, respectivamente (Tabela 3). A leucina, dentre os aminoácidos essenciais, apresentou o maior coeficiente de digestibilidade aparente para o milho (79,20%), o que corrobora com os resultados encontrados por Furuya et al. (2001) e por Wilson et al. (1981). Porém, a arginina foi o aminoácido de maior digestibilidade para o farelo de trigo (80,09%), resultado este também observado por Ribeiro et al. (2009).

A treonina foi o aminoácido essencial de menor digestibilidade aparente para o milho (70,53%) e para o farelo de trigo (69,70%), fato este também observado por Wilson et al. (1981), por Gonçalves et al. (2007) e por Ribeiro et al. (2009). Uma hipótese que poderia explicar, pelo menos em parte, a baixa digestibilidade da treonina é a sua alta concentração na mucina da mucosa intestinal (Fuller, 1994), que concomitantemente ao baixo teor deste aminoácido no milho e no farelo de trigo, resultaria em menores valores de digestibilidade.

Para os alimentos considerados protéicos, o CDapPB do farelo de soja (86,01%) foi semelhante ao do glúten de milho (85,19%), enquanto que, a farinha de peixe (76,74%) apresentou CDapPB inferior aos demais alimentos deste grupo (Tabela 3).

O CDapPB do farelo de soja foi inferior àqueles de 92,72% determinados por Furuya et al.(2001), de 91,56% determinados por Pezzato et al. (2002), de 89,28% determinados por Boscolo et al. (2002), de 94,13% determinados por Gonçalves et al. (2007) e de 91,12% determinados por Ribeiro et al. (2009). Para o glúten de milho, o CDapPB também foi inferior a todos os resultados encontrados na literatura, como o obtido por Pezzato et al. (2002) de 95,96%, por Meurer et al. (2003) de 97,61%, por Köprücü & Özdemir (2005) de 89,00%, por Gonçalves et al.(2007) de 89,32% e por Ribeiro et al. (2009) de 90,07%. Porém, é importante ressaltar que, para todas essas pesquisas citadas, as coletas de fezes foram realizadas pela técnica de decantação, ao contrário do presente estudo, que se utilizou a dissecação como técnica de coleta.

Para a farinha de peixe, o CDapPB foi similar ao obtido por Pezzato et al. (2002), correspondente a 78,55%. Porém, os resultados de CDapPB encontrados na literatura podem alcançar valores de até 90,66% (Meurer et al., 2003) para a mesma espécie. Aksnes et al. (1997) relataram que as farinhas de peixe disponíveis no mercado apresentam grande variação na qualidade, o que pode ser atribuído ao tipo de material e às condições de processamento. Em 27 amostras de farinha de peixe, Romero et al. (1994) observaram variação de 84,5 a 97,0% para digestibilidade da proteína em trutas arco-íris. As farinhas de peixe brasileiras apresentam muitas vezes baixos coeficientes de digestibilidade por serem formuladas com resíduos de abate, podendo apresentar altas porcentagens de cinzas e proteína de baixa qualidade, proveniente da matriz protéica dos ossos, da pele, das escamas e das vísceras (Boscolo et al., 2004).

O CDapAA médio para o farelo de soja, glúten de milho e o farinha de peixe foram de 84,66%, 84,29% e 75,56%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente de proteína (CDapPB) e aminoácidos (CDapAA) dos alimentos determinados pela técnica de dissecação¹

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Proteína Bruta	74,69	73,74	86,01	85,19	76,74
Essencial					
Arginina	78,26	80,09	89,59	88,42	81,93
Histidina	72,12	72,62	85,83	80,88	80,74
Isoleucina	73,96	73,25	83,30	82,11	72,41
Leucina	79,20	78,25	84,17	87,98	74,08
Lisina	72,40	70,03	85,44	83,84	70,30
Metionina	71,62	72,44	84,12	83,33	75,75
Fenilalanina	72,64	74,52	86,52	83,86	75,88
Treonina	70,53	69,70	86,90	84,51	81,04
Valina	73,46	73,19	84,05	84,52	74,04
Não-essencial					
Ácido Aspártico	71,87	72,3	86,52	86,90	66,63
Ácido Glutâmico	71,43	69,44	84,44	91,60	76,96
Alanina	79,39	77,75	87,28	85,59	76,42
Cistina	70,03	66,72	78,32	79,16	78,50
Glicina	76,13	73,21	77,86	77,60	74,92
Serina	74,11	70,06	83,16	84,12	73,89
Tirosina	70,82	71,33	87,02	84,24	75,39
Média	73,62	72,81	84,66	84,29	75,56

¹ Valores expressos em porcentagem, com base na matéria natural

Neste estudo, entre os aminoácidos essenciais, a arginina apresentou o maior CDap para todos os alimentos protéicos testados, com valores de 89,59% para o farelo de soja, 88,42% para o glúten de milho e 81,93% para a farinha de peixe. A maioria dos

trabalhos encontrados na literatura, tanto para a tilápia do Nilo quanto para outras espécies de peixes, também confirma a arginina como o primeiro ou o segundo maior valor de CDap dentre os aminoácidos essenciais para o farelo de soja (Wilson et al., 1981; Yamamoto et al., 1998; Furuya et al. , 2001; Köprücü & Özdemir, 2005; Abimorad et al., 2008; Ribeiro et al., 2009), para o glúten de milho (Yamamoto et al., 1998; Abimorad et al., 2008; Ribeiro et al., 2009) e para a farinha de peixe (Wilson et al., 1981; Yamamoto et al., 1998; Furuya et al. , 2001; Abimorad et al., 2008; Ribeiro et al., 2009).

A isoleucina foi o aminoácido que apresentou o menor CDap, dentre os aminoácidos essenciais, para todos os alimentos protéicos avaliados, com valores correspondentes a 83,30% para o farelo de soja, 82,11% para o glúten de milho e 72,41% para farinha de peixe. O menor valor de CDap para esse aminoácido também foi obtidos por Furuya et al. (2001) para o farelo de soja, por Yamamoto et al.(1998), Gonçalves et al. (2007) e Ribeiro et al. (2009) para o glúten de milho e por Yamamoto et al. (1998) para a farinha de peixe. A isoleucina é considerada um aminoácido de natureza hidrofóbica, usualmente localizado no interior da proteína, prejudicando sua hidrólise das ligações peptídicas (Nissen, 1992), fator este que pode explicar sua baixa digestibilidade.

Os valores das perdas endógenas de proteína e aminoácidos obtidos neste estudo (Tabela 4) foram superiores àqueles obtidos por Ribeiro et al. (2009), para a mesma espécie e categoria de peso.

A metionina e cistina foram os aminoácidos de menores valores endógenos encontrados, resultados estes corroborados por Wilson et al. (1981), para bagre do canal, Yamamoto et al. (1998), para carpa comum e Ribeiro et al. (2009), para tilápia do Nilo. Esses resultados podem ser explicados, pelos menos em parte, pelo baixo

conteúdo de aminoácidos sulfurados, tanto na camada de mucina quanto em secreções pancreáticas, em comparação aos demais aminoácidos (Pozza et al., 2003).

Tabela 4 - Valores médios de proteína bruta e aminoácidos endógenos, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e obtidos pela técnica de dissecação.

Aminoácidos	mg/g DIP consumida
Arginina	0,465
Histidina	0,351
Isoleucina	0,444
Leucina	0,647
Lisina	0,337
Metionina	0,265
Fenilalanina	0,490
Treonina	0,541
Valina	0,490
Ácido Aspártico	0,712
Ácido Glutâmico	0,858
Alanina	0,502
Cistina	0,234
Glicina	0,541
Serina	0,470
Tirosina	0,443
Proteína Bruta	11,01

Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro da fração protéica de alimentos para peixes são escassos na literatura, com exceção dos trabalhos realizados por Wilson et al. (1981), para bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), por Yamamoto et al. (1998) para carpa comum (*Cyprinus carpio*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e pargo-vermelho (*Pagrus major*) e por Ribeiro et al. (2009) para tilápia do Nilo.

Os CDvPB para o milho (85,21%) e o farelo de trigo (84,41%) (Tabela 5) foram inferiores àqueles de 90,02 e 89,62%, respectivamente, determinados por Ribeiro et al. (2009).

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade verdadeiro de proteína (CDvPB) e aminoácidos (CDvAA) dos alimentos determinados pela técnica de dissecação¹

Aminoácidos	Milho	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Proteína Bruta	85,21	84,41	87,22	87,97	79,58
Essencial					
Arginina	88,77	86,68	91,70	92,04	84,46
Histidina	85,10	86,92	89,40	85,04	84,50
Isoleucina	86,35	86,95	86,06	84,99	75,29
Leucina	84,43	88,51	86,69	89,63	76,92
Lisina	86,76	80,09	87,53	89,46	72,34
Metionina	84,60	89,25	88,31	86,27	78,81
Fenilalanina	82,11	86,47	89,20	86,17	78,99
Treonina	81,93	81,15	89,83	87,69	81,05
Valina	83,13	83,17	86,94	87,42	77,19
Não-essencial					
Ácido Aspártico	82,33	81,61	88,63	89,87	69,32
Ácido Glutâmico	75,97	74,08	86,28	93,26	79,30
Alanina	86,14	87,83	90,39	90,06	78,86
Cistina	80,24	78,39	82,26	82,57	84,81
Glicina	89,68	83,05	81,15	79,64	77,12
Serina	83,42	78,27	85,73	86,57	76,86
Tirosina	82,49	87,39	90,07	86,74	79,17
Média	83,97	83,74	87,51	87,34	78,44

¹ Valores expressos em porcentagem, com base na matéria natural

Para o CDvAA médio do milho e do farelo de trigo, os valores encontrados (Tabela 5) foram inferiores aos de Ribeiro et al. (2009) para o milho (89,60%) e também para o farelo de trigo (89,14%), quando trabalharam com a tilápia do Nilo na fase de crescimento.

Para os alimentos protéicos farelo de soja, glúten de milho e farinha de peixe, os valores dos CDvPB encontrados (Tabela 5) foram inferiores com àqueles obtidos por Yamamoto et al. (1998), com carpas, de 92,20% para o farelo de soja e de 90,60% para a farinha de peixe, e por Ribeiro et al (2009), de 93,58% para o farelo de soja, de 92,50% para o glúten de milho e de 86,01% para farinha de peixe.

Com relação aos valores médios dos CDvAA para os alimentos protéicos encontrados neste estudo (Tabela 5) foram inferiores aos obtidos por Ribeiro et al. (2009) e por Yamamoto et al. (1998). Entretanto, Wilson et al. (1981), trabalhando com bagre do canal e utilizando à mesma técnica de coleta desse estudo, obtiveram valores inferiores correspondentes a 84,20% para o farelo de soja e 72,50% para a farinha de peixe.

Os valores de coeficiente de digestibilidade para a fração protéica dos alimentos obtidos neste estudo foram, de forma geral, inferiores àqueles encontrados na literatura, sendo que a maior parte desses estudos utilizou a decantação como técnica de coleta de fezes (Yamamoto et al., 1998; Furuya et al., 2001; Pezzato et al., 2002; Boscolo et al., 2002; Meurer et al., 2003; Köprücü & Özdemir, 2005; Gonçalves et al., 2007; Abimorad et al., 2008; Ribeiro et al., 2009). A influência da técnica de coleta pode ser confirmada em alguns estudos que compararam a coleta por decantação com a dissecação (Hajen et al., 1993; Storebakken et al., 1998) acarretando diferenças entre os valores dos coeficientes de digestibilidade. Estes resultados corroboram a teoria de que há uma tendência das técnicas que utilizam material fecal naturalmente evacuado na

água, como a de decantação, apresentarem valores maiores de digestibilidade, em razão da eventual lixiviação de nutrientes na água (Spyridakis et al., 1989).

Por outro lado, alguns autores relatam que pode existir absorção de proteína intacta no intestino posterior de muitas espécies de peixes (Sire & Vernier, 1992; McLean et al., 1999), o que reforçaria a hipótese de que o material coletado pela técnica de dissecação ainda não teria completado totalmente o processo de absorção, resultando em menores valores de digestibilidade obtidos quando se utiliza a técnica de dissecação.

Torna-se necessário, portanto, a realização de mais estudos para se estabelecer a técnica que determine com maior exatidão os coeficientes de digestibilidade dos alimentos, evitando que a técnica utilizada induza a erros de avaliação dos coeficientes de digestibilidade para peixes.

Conclusões

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e para a média dos aminoácidos são de 74,69 e 73,62% para o milho, de 73,74 e 72,81% para o farelo de trigo, de 86,01 e 84,66% para o farelo de soja, de 85,19 e 84,29% para o glúten de milho e de 76,74 e 75,56% para a farinha de peixe, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e para a média dos aminoácidos são de 85,21 e 83,97% para o milho, de 84,41 e 83,74% para o farelo de trigo, de 87,22 e 87,51% para o farelo de soja, de 87,97 e 87,34% para o glúten de milho e de 79,58 e 78,44% para a farinha de peixe, respectivamente.

Agradecimento

À Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda., pela realização dos aminogramas.

Literatura Citada

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.5, p. 1101-1109, 2004.
- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p.374-380, 2008.
- AKSNES, A.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAINA, L. et al. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.153, p.251-261, 1997.
- AUSTRENG, E.. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of content from different segments of gastro-intestinal tract. **Aquaculture** 13, 265-272, 1978.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduos da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.8-13, 2004.
- CHO, C.Y. Effects of dietary protein and lipid levels on energy metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). In: Ekern, A.; Sundstl, F. Energy Metabolism of Farm Animals. Norway: **European Association for Animal Production**, p.175-183. 1982.
- COSTA, L. F.; LOPES, D. C.; FREITAS, L. S. M. et al. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37, n.7, p.1243-1250, 2008.
- FULLER, M.F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D’MELLO, J.P.F (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. Edinburgh: The Scottish Agricultural College, 1994. p.155-184.
- FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G et al. Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition** v.13; 17–34, 2007.
- GONÇALVES, S.G.; PEZZATO, L.E.; TACHIBANA, L. et al. Nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).
- HAJEN, W.E., BEAMES, R.M., HIGGS, D.A. et al. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. **Aquaculture**, 112, 321-332, 1993.
- HENKEN, A. M.; KLEIGELD, D. W.; TILSSEN, P.A.T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish, *Clarias gariepinus*, **Aquaculture**, v.51, p. 1-12, 1985.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, n. 250, p. 308-316, 2005.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. Frequência de alimentação em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando dietas de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos - resultados preliminares. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- MCLEAN, E., ROENSHOLDT, B., STEN, C. et al. Gastrointestinal delivery of peptide and protein drugs to aquacultured teleosts. **Aquaculture**, 177, 231-247, 1999.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra Bruta para Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.
- NISSEN, S., 1992, **Modern methods in protein nutrition and metabolism**. Academic Press, Inc.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.D.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- POPMA, T.J., PHELPS, R.P. Status report to commercial tilápia producers on monosex fingerling productions techniques. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. **Anais...** Florianópolis: SIMBRAQ, 1998. p.127.

- PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD-ROM. Palestras. Semi 36.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Avaliação da perda endógena de aminoácido; em função de diferentes níveis de fibra para suíno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1354-1361, 2003.
- RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L. et al. Digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e dos aminoácidos de alimentos para tilápia do Nilo. In: ZOOTEC 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Zootecnistas, [2009] (CD-ROM).
- ROMERO, J.J.; CASTRO, E.; DÍAZ, A.M. et al. Evaluation of methods to certify the “premium” quality of Chilean Fish Meals. **Aquaculture**, v.124, n.1-4, p.351-358, 1994.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- SIRE, M.F. & VERNIER, J.M. Intestinal absorption of protein in teleost fish. **Comp. Biochem. Physiol.**, 103A, 771-781, 1992.
- SMITH, B.W. & LOVELL, R.T. Digestibility of nutrients in semipurified rations by channel catfish in stainless steel troughs. *Proceedings Annual Conference Southeast Association Game Fish Community*, v.25, p.425-459, 1971.
- SPYRIDAKIS, P.; METAILLER, R.; GABAUDAN, J. et al. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. **Aquaculture**, v.77, p.61-70, 1989.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. **Aquaculture Nutrition** vol.6, p.103-108, 2000.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research** v.32, p.583-592, 2001.
- VANDENBERG, G.W. & DE LA NOUE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. **Aquaculture Nutrition**, 7, 237-245. 2001

- YAMAMOTO, T.; AKIMOTO, A.; KISHI, S. et al. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling Rainbow Trout, Common Carp, and Red Sea Bream. **Fisheries Science**, v.64(3), p.448-458, 1998.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. **Journal Nutrition**, 111:923-929, 1981.
- WINDELL, J.R.; FOLITZ, J.W.; SAROKON, J.P. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. **The Progressive Fish Culturist**, v.40, p.51-55, 1978.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados dois experimentos com os objetivos de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da proteína e aminoácidos de alguns alimentos, utilizando-se as técnicas de decantação e dissecação para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em crescimento, da linhagem tailandesa. Concluiu-se que:

- Utilizando-se a técnica de decantação, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e a média dos aminoácidos são para o milho, 83,57 e 82,45%; farelo de trigo, 82,87 e 81,47%; farelo de soja, 91,12 e 89,41%; glúten de milho 90,07 e 87,78%; farinha de peixe 83,53 e 81,65%, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são para o milho, 90,02 e 89,60%; farelo de trigo 89,62 e 89,14%; farelo de soja, 93,58 e 91,88%; glúten de milho, 92,50 e 90,34%; farinha de peixe, 86,01 e 84,27%, respectivamente.

- Utilizando-se a técnica de dissecação, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para a proteína e a média dos aminoácidos são de 74,69 e 73,62% para o milho, de 73,74 e 72,81% para o farelo de trigo, de 86,01 e 84,66% para o farelo de soja, de 85,19 e 84,29% para o glúten de milho e de 76,74 e 75,56% para a farinha de peixe, respectivamente. Os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para a proteína e a média dos aminoácidos são de 85,21 e 83,97% para o milho, de 84,41 e 83,74% para o farelo de trigo, de 87,22 e 87,51% para o farelo de soja, de 87,97 e 87,34% para o glúten de milho e de 79,58 e 78,44% para a farinha de peixe, respectivamente.

- A técnica utilizada para coleta de fezes ou digesta para determinar os coeficientes de digestibilidade da proteína e dos aminoácidos influencia nos resultados obtidos nos trabalhos realizados com peixes.