

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA A
TILÁPIA DO NILO

Autor: Tadeu Orlandi Xavier

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA A
TILÁPIA DO NILO

Autor: Tadeu Orlandi Xavier

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ

Estado do Paraná

fevereiro - 2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E
OSSOS PARA TILÁPIA DO NILO**

Autor: Tadeu Orlandi Xavier
Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 04 de abril de 2011.

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Prof.ª Dr.ª Maria Luiza
Rodrigues de Souza Franco

Prof. Dr. Wilson Massamitu
Furuya
(Orientador)

"Não deixe para fazer amanhã o que você podia ter feito ontem"

Orientador

A **Deus**, por todas as bênçãos em minha vida.

Aos meus pais,

Hamilton Vila Xavier e Angelina Sofia Orlandi Xavier,

meus exemplos de vida, meus incentivadores,

os maiores alicerces em minha vida.

Aos meus irmãos

Leandro e Rafael Orlandi Xavier,

por estarem sempre presentes em minha vida.

A todos da minha família,

Por darem força e apoio quando mais precisei.

Todo meu carinho e essa conquista

Dedico a vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, por todas as oportunidades a mim proporcionadas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida;

Ao Professor Dr. Wilson Massamitu Furuya, por todos esses anos de orientação, amizade, dedicação e colaboração para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa: Luiz Vítor, Mariana, Thêmis, Lorena, Leonardo, Marcos Vinícius e Aline, pela ajuda que foi fundamental para realização deste trabalho, pela amizade e pela divertida companhia.

Aos meus antigos colegas do grupo de pesquisa: Marilise e Rigueti.

Aos funcionários da CODAPAR, Vítor, José Geraldo e Cleiton, pela ajuda em inúmeras ocasiões.

Às funcionárias do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá, Creuza e Cleuza, pelo auxílio nas análises químicas;

Aos moradores de minha república, amigos e irmãos que sempre estiveram comigo em minha vida acadêmica.

A todos meus amigos, que mesmo não dividindo o mesmo teto estiveram presentes em inúmeras ocasiões.

À Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio Ltda., pela doação dos aminoácidos e análises.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado a todos vocês!

BIOGRAFIA

TADEU ORLANDI XAVIER, filho de Hamilton Vila Xavier e Angelina Sofia Orlandi Xavier, nasceu em São Carlos, Estado de São Paulo, no dia 28 de outubro de 1983.

Em maio de 2004, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, concluindo-o em dezembro de 2008.

Em março de 2009, iniciou no curso de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Peixes.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Tilápia do Nilo.....	1
2. Digestibilidade.....	2
3. Proteína, energia e aminoácidos.....	3
4. Farinha de carne.....	4
5. Literatura Citada.....	7
II – VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA TILÁPIA DO NILO.....	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
Introdução.....	13
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	19
Conclusão.....	25
Literatura Citada.....	26

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição percentual e calculada (base na matéria natural) da dieta referênciada.....	16
Tabela 2 - Composição química-bromatológica das farinhas de carne com diferentes níveis de proteína bruta (base em matéria natural).....	17
Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente da PB, EB e aminoácidos da farinha de carne em função do nível de proteína bruta.....	21
Tabela 4 - Valores de PD, ED e aminoácidos digestíveis da farinha de carne em função do nível de proteína bruta (base em MN).....	23
Tabela 5 - Padrão de aminoácidos da farinha de carne e ossos e exigências de aminoácidos da tilápia do Nilo, com base no conceito de proteína ideal.....	24

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar valores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis da farinha de carne e ossos com diferentes teores de proteína bruta. Um ensaio de digestibilidade in vivo foi realizado com 180 juvenis de tilápia do Nilo ($32,65 \pm 4,52$ g) da linhagem GIFT, distribuídos em aquários cônicos. Cinco farinhas de carne e ossos com 30,90; 35,26; 38,06; 41,38 e 44,36% de proteína bruta foram avaliadas. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foi utilizada ração-referência com base em proteína de farelo de soja e farinha de vísceras de aves com aproximadamente 3.120 kcal de ED/kg e 32% de proteína bruta. As rações-teste foram compostas por 70% da dieta-referência e 30% de cada farinha de carne e ossos avaliada. Um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições foi utilizado. Os valores de coeficientes de digestibilidade da energia bruta, proteína bruta e aminoácidos e de valores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis foram submetidos à regressão linear ou quadrática. Foi observado um aumento linear sobre os valores de proteína digestível e energia digestível à medida que aumentou os níveis de proteína bruta das farinhas de carne. Os coeficientes de digestibilidade aparente médios dos aminoácidos essenciais (incluindo cistina e tirosina) das farinhas de carne e ossos com 30,90; 35,26; 38,06; 41,38 e 44,36% de proteína bruta foram de: 82,21; 86,50; 90,06; 89,94 e 92,61%, respectivamente. Foi observada grande variação entre os CDA da proteína bruta, energia bruta e aminoácidos entre e dentro as farinhas de carne e ossos avaliadas. Com base no conceito de proteína ideal, os aminoácidos mais limitantes na farinha de carne são respectivamente: os aminoácidos sulfurados, a treonina e a isoleucina.

Palavras-chave: Digestibilidade. Farinha de carne. Composição química

ABSTRACT

This work was carried out to determine values of energy, protein and digestible amino acids from meat and bones meals with different crude protein levels. An in vivo digestibility trial was conducted with 180 juveniles of Nile tilapia (32.65 ± 4.52 g) GIFT strain, divided into conical tanks. Five meat and bones meals with 30.90, 35.26, 38.06, 41.38 and 44.36% crude protein were evaluated. To determine the apparent digestibility coefficients (ADC) was elaborated a reference diet based on soybean meal and poultry meal byproduct with approximately 3,120 kcal DE/kg and 32% of crude protein. The diets were composed of 70% of reference diet and 30% of each meat and bones evaluated. A completely randomized design with five treatments and three replications was used. The values of digestibility of gross energy, crude protein and amino acids and energy values, protein and digestible amino acids were subjected to linear or quadratic regression. It was observed a linear increase on the crude protein and digestible energy with , the increased levels of crude protein of meal. The average apparent digestibility of essential amino acids (including cystine and tyrosine) of meat and bones meals with 30.90, 35.26, 38.06, 41.38 and 44.36% crude protein were 82.21, 86.50, 90.06, 89.94 and 92.61% respectively. A great variation between the ADC of crude protein, gross energy and amino acids between and among each meat and bone meals was observed. Based on the ideal protein concept, the most limiting amino acids in meat and bone meal are, respectively: sulfur amino acids, threonine and isoleucine.

Key words: Digestibility. Meat. Chemical composition

I – INTRODUÇÃO GERAL

1. TILÁPIA DO NILO

A tilápia do Nilo originária da Costa do Marfim no Oeste Africano foi introduzida na região Nordeste do Brasil em 1971. A partir desta data a tilápia foi distribuída, cultivada por todo território brasileiro. É uma das espécies que mais se adaptou ao nosso clima (El-Sayed, 2006), tendo seu cultivo prosperado desde as regiões do Norte quanto às regiões do Sul.

Na década de 1990, a reversão sexual permitiu ao produtor produzir populações monossexo de machos, que com auxílio da indústria de filetagem e a oportunidade de produção de peixes para pesque-pague, proporcionaram interesse nacional pela criação de tilápias (Lovshim, 2002).

A tilápia do Nilo é considerada uma das espécies mais importante para a piscicultura brasileira pelas suas particularidades, tais como: sua rápida taxa de crescimento, adaptação a condições adversas de criação, boa aceitação pelo consumidor (MacIntosh & Little, 1995; Boscolo et al., 2001; Meurer et al., 2002) e possuir carne com boas características organolépticas, com possibilidade de comercialização de filés sem espinhos intramusculares (Degani & Revach, 1991).

Ainda que as carpas detenham o primeiro lugar em produção na área da aquicultura mundial, espera-se que o grupo alcance a liderança no mercado em algumas décadas. O Brasil é o maior produtor de tilápias da América do Sul, seguido por Colômbia e Equador, respectivamente, totalizando em 98,5% da produção deste continente no ano de 2006, enquanto os países asiáticos concentram mais de 80% da piscicultura mundial. No ano de 2009, a produção nacional de tilápias foi de 132 mil toneladas (FAO, 2009).

A tilapicultura brasileira obteve seu crescimento principalmente em virtude da intensificação na produção em tanques de terra e tanques-rede. Considerada uma espécie de hábito alimentar onívoro, é capaz de utilizar eficientemente nutrientes dos alimentos de origem animal e vegetal, possibilitando uma maior flexibilidade na formulação de rações, permitindo diminuir os custos com a alimentação (Pezzato et al.,

2002). Consome ração logo após o início da alimentação exógena (Tengjaroenkul et al., 2000) e possui adaptações morfológicas e fisiológicas como dentes faríngeos, pH estomacal ácido e intestino longo (Kubarik, 1997).

No Brasil, a produção em escala de tilápias está se fixando em grandes reservatórios de águas públicas, voltando sua técnica de produção principalmente para tanques-rede. Para elaboração de dietas considerando o custo, o desempenho e impactos sobre o meio ambiente, são necessárias informações sobre o valor nutritivo dos alimentos para cada espécie.

2. DIGESTIBILIDADE

As bases da nutrição estão no conhecimento das exigências nutricionais, mas para isso é necessário conhecer a composição química e o valor nutritivo dos alimentos (Furuya, 2001). Por estarem em um ambiente aquático, os peixes têm dependência direta e indireta do meio em que vivem. O balanceamento da dieta tem influência no comportamento, integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e o crescimento dos peixes.

A determinação da digestibilidade dos nutrientes e energia dos alimentos é fundamental para formulação de rações para peixes (Pezzato et al., 2004). Uma dieta deve conter os nutrientes para atender as exigências dos peixes em seu ambiente natural, mas pode não atender quantitativamente as exigências dos peixes em criação intensiva. Assim, é necessário conhecer o valor nutritivo dos alimentos para determinar as exigências dos peixes.

Os primeiros passos para se determinar o valor nutritivo de um alimento é a análise química (Maynard & Loosly, 1966). Porém, seu valor real consiste na aceitabilidade e na capacidade do animal em aproveitar os nutrientes do alimento (Hepher, 1988). Cada espécie tem uma maneira peculiar de assimilar os alimentos, e esta variação é quantificada com a determinação dos coeficientes de digestibilidade (Pond et al., 2005).

A palavra digestibilidade define o desaparecimento de um nutriente pelo trato digestório, já o termo disponibilidade define a porção dos nutrientes consumidos que são absorvidos no trato digestório e estão disponíveis para o metabolismo animal (Sauer & Ozimek, 1986), obtida pela diferença entre a quantidade de energia ou nutriente

consumido e a excretada nas fezes (Sakomura & Rostagno, 2007). Os nutrientes e a energia presentes nas fezes representam as diferenças entre o consumo e a incorporação nos tecidos (Glencross et al., 2007).

O primeiro cuidado ao avaliar o potencial de inclusão de um alimento em rações é a determinação da digestibilidade dos nutrientes deste alimento (Cho, 1987). Nesse contexto, determinar o valor nutritivo disponível dos alimentos se torna fundamental, para a atualização de tabelas de composição de alimentos e permitir a formulação de rações específicas para cada espécie, considerando-se também a fase de criação, visando melhorar o desempenho dos animais e minimizar os custos da produção.

3. PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS

As proteínas são moléculas estruturalmente complexas (Alberts et al., 2002), e são os principais componentes visceral e estrutural do organismo animal, sendo necessário seu contínuo suprimento alimentar para atender às exigências de manutenção e produção. A unidade das proteínas são os aminoácidos, sendo importante o equilíbrio destes em uma ração para assegurar o máximo crescimento dos animais (Furuya, 2010).

O balanço ou a relação de aminoácidos e uma adequada relação proteína digestível: energia digestível é a base do requisito proteico para peixes, tendo em vista que quando há excesso de algum aminoácido ou deficiência de energia disponível para a síntese de proteínas, este será catabolizado para a geração de energia ou excretado na forma de amônia. Nos peixes, o excesso de proteína ou aminoácido não pode ser estocado, porque estes são utilizados preferencialmente como fonte de energia (Wilson, 1989). A razão para a relação proteína: energia ser elevada em dietas para peixes, em relação aos animais não-ruminantes, não ocorre pelo elevado conteúdo de proteína, mas pela baixa exigência de energia para manutenção (Furuya, 2001b).

Os peixes regulam o consumo de ração pela ingestão energética (Colin et al., 1993). Uma ração deficiente em energia provocará um consumo de alimento maior e em casos graves, a proteína será convertida em energia para manutenção antes de ser utilizada para crescimento, e a proteína dietética usada como fonte de energia eliminará efluentes ricos em nitrogênio no meio aquático (Kaushik & Oliva-Teles, 1986). Por outro lado, uma ração com excesso de energia limita a ingestão de alimentos e consequentemente limita a ingestão de proteína (aminoácidos), vitaminas e minerais. A

exigência de energia está estreitamente relacionada com a proteína, visto que seu excesso ou deficiência não são desejáveis.

Peixes não têm requisitos absolutos de proteína, mas sim de aminoácidos que compõem a proteína (Oliva-Teles, 2000). Por isso é importante o correto balanceamento de aminoácidos para permitir a melhor utilização da proteína na dieta. Para uma suplementação de aminoácidos adequada, é necessário o conhecimento das exigências e digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos a serem utilizados.

Para várias situações, faz-se necessária a suplementação múltipla de aminoácidos, visando maximizar a utilização proteica e manter contínua a taxa de absorção, evitando imbalances de aminoácidos. O uso de aminoácidos industriais para melhorar os níveis e proporções dos aminoácidos essenciais e não-essenciais se tornou uma importante ferramenta na formulação de dietas que proporcionem condições para um melhor desempenho aos peixes, considerando as vantagens econômicas e conservação do meio ambiente (Furuya, 2010)

Em dietas que contenham elevadas quantidades de alimentos de origem vegetal, tornou-se comum a adição de aminoácidos industriais, para melhorar o perfil de aminoácido ou reduzir o nível de proteína da dieta. Portanto, as rações formuladas com base em proteína bruta e níveis adequados de energia podem não suprir as exigências dos peixes para todos os aminoácidos (Furuya, 2001a; Cho & Bureau, 2001).

4. FARINHA DE CARNE

Pela elevada produção de aves, suínos e bovinos no Brasil, há grande disponibilidade de farinha de carne e ossos no mercado, um dos alimentos proteicos de origem animal mais utilizado em fábricas de ração, além do baixo custo, apresenta bom balanço de aminoácidos, energia, ácidos graxos, minerais, vitaminas e é palatável. (Furuya et. al., 2001b).

Em razão do custo da farinha de peixe, os nutricionistas têm tentado substituir parcialmente ou totalmente esta fonte por outros subprodutos de origem animal ou vegetal (El-Sayed, 1999). Ainda que farinha de carne e ossos tenha perdido uma parte do mercado por causa do surgimento da doença Encefalopatia Espongiforme Bovina, vulgarmente conhecida com doença da vaca louca, manteve-se como importante opção como fonte de proteína em dietas para organismos aquáticos. Segundo Lesson &

Summers (1997), para cada tonelada de carne destinada para o consumo humano cerca de 300 kg são descartados como produtos não comestíveis, e desses, aproximadamente 200 kg se transformam em farinha de carne e ossos. Trata-se de um ingrediente rico em proteína bruta, cálcio e fósforo.

A Farinha de carne e ossos (FCO) é originada do processamento industrial de ossos e tecidos animais após a desossa completa da carcaça de bovinos. Os resíduos são moídos, cozidos, prensados para extração de gordura e novamente moídos, devendo ser isento de chifres, casco e outras matérias estranhas à sua composição, como: sangue, pelos, conteúdo estomacal ou ruminal, que são admitidos em quantidades muito pequenas, pois podem conter micro - organismos patogênicos. Deve ter no mínimo 4 % de fósforo (P) e o cálcio não deve exceder a 2,2 vezes o nível de P e a proteína deve ter solubilidade em pepsina superior a 86%. A composição do material bruto terá importante efeito na qualidade do produto final, sendo que a gordura protege a lisina no processamento da FCO. O sobreaquecimento altera a palatabilidade e qualidade da FCO e cuidados especiais devem ser tomados para eliminar os microrganismos prevenindo a contaminação da FCO após o processamento (Butolo, 2002).

Outro fator importante é quanto ao alto risco de contaminação destas fontes, tendo como consequência uma redução no desempenho dos animais (Reyes-Sosa e Castellanos - Molina, 1995), embora nos últimos anos tenham sido aplicadas melhores práticas de processamento, tentando ajustar a produção às exigências internacionais, cumprir com a normatividade ambiental para o funcionamento de abatedouros e ofertar produtos com preços competitivos.

Os alimentos de origem animal apresentam alto teor proteico e balanço em aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas, no entanto alguns desses alimentos podem apresentar alta variação, em termos de proteína, gordura, cinzas e aminoácidos (Rostagno et al., 2005). Podem variar também quanto à digestibilidade e disponibilidade desses nutrientes, alterando negativamente sua qualidade e trazendo prejuízo ao desempenho dos peixes (Anderson et al., 1995; Aksnes et al., 1997; Vergara et al., 1999; Guimarães et al., 2008).

Sabe-se que os constituintes das rações que proporcionam maior influência no crescimento dos peixes e no custo das rações são a energia e a proteína da dieta. Uma formulação com base em energia e proteína e aminoácidos digestíveis, frequentemente, proporcionam melhores desempenhos, aumento na qualidade da carne e redução no custo, quando comparado a uma formulação com base em valores totais.

Os alimentos de origem animal, comumente utilizados na formulação de rações para a tilápia do Nilo como as farinhas de peixe, carne, crisálida e vísceras são classificadas como sendo de alta atraco-palatabilidade, enquanto os alimentos de origem vegetal são de baixa atraco-palatabilidade (Pezzato, 1995).

Muitos fatores alteram química e fisicamente os teores e as características dos nutrientes, tais como: a atividade de água, o tempo e a temperatura de estocagem e o pH dos alimentos (Swaisgood & Catignani, 1991). A exposição de um alimento proteico a temperaturas moderadas e período adequado pode causar benefícios para o valor nutricional da proteína, uma vez que cadeias de aminoácidos mais expostas são rapidamente digeridas se comparadas com as proteínas originais (Camire, 1991). A desnaturação pelo calor geralmente ocorre nas temperaturas de 25 a 100°C (Lehninger, 1995), com perda das estruturas quaternária, terciária e secundária da proteína, enquanto a estrutura primária permanece intacta (Papadopoulos, 1989).

O aquecimento excessivo e prolongado irá acarretar em prejuízos à qualidade, danificando principalmente a arginina, cistina, lisina, serina e treonina (Wang & Parson, 1998), afetando a digestibilidade do alimento (Opstvedt et al., 1984). Aminoácidos como a lisina, arginina, triptofano e histidina, que possuem radical reativo na cadeia, podem formar ligações entre radicais aminolivres da cadeia polipeptídica e grupos aldeídicos de açúcares redutores, resultando na formação de um amino-açúcar, prejudicando a hidrólise de peptídeos pela tripsina (Maynard et al., 1984). Sendo assim, os diferentes processos industriais de obtenção das farinhas influenciam na qualidade do produto e influenciarão no desempenho animal.

5. LITERATURA CITADA

- AKSNES, A.; IZQUIERDO, M. S.; ROBAIANA, 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.
- ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J. et al. **Biologia molecular da célula**. 4ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas. 2004
- ANDERSON, S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. et al. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v.138, p.291-301, 1995.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES C.M. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos da tilápia do Nilo, linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.5, p.1391-1396, 2001.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, SP, p.242-250, 2002
- CAMIRE, M.E., Protein functionality modification by extrusion cooking. **JAACS**, v.68, n.5, p.200-205, 1991.
- COLIN, B.C.B.; COWEY, D.C.; YOUNG, C.; et al. Nutrition requirements of fish. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.52, p.417-426, 1993
- CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research** v.32, p.349-360, 2001.
- CHO, C.Y. La energía en la nutrición de los peces. In: **Nutrición en Acuicultura II**. Ed. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid – España, p.197-237, 1987.
- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.
- EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, Amsterdam, v.179, p.149-168, 1999.
- EL-SAYED, A. M. **Tilapia Culture**. London : Cabi, p.277, 2006.
- FAO Food and Agriculture Organization - **The state of world fisheries and aquaculture 2008**. Rome: FAO, p.196, 2009.
- FURUYA, W.M. Nutrição de Peixes. In: MARQUES, H.L.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R.P.; ZIMMERMAN, S. **Fundamentos da Moderna Aqüicultura**, 1ª edição, Canoas: Ed. ULBRA, Cap. 8, p.59 – 68, 2001a.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p. 1125-1149, 2001b.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO L.E.; BARROS M.M.; et al. **Tabelas brasileiras para a nutrição de Tilápias**. Toledo, GFM; p.32-37, 2010,
- 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**, Oxford, v. 13, p. 17–34, 2007.

- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.396-404, 2008.
- HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, p.386, 1988.
- KAUSHIK, S.J.; OLIVA-TELES, A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, v.50, p.89-101, 1986.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v. 6, p.16-18, 1997.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, p.841, 1995.
- LESSON S, SUMMER DJ. **Commercial poultry nutrition**. 2 ed. Guelph, Ontario. Canada: University Books; p.350, 1997.
- LOVSHIN L.L. Tilapia culture in Brazil. IN COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E., eds. **Tilapia Aquaculture in the Americas**, v.2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, p.113-140, 2002.
- MACINTOSCH, D.J. LITTLE, C.D. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: BROMAGE, N.R.; ROBERTS, R.J. **Broodstock management and egg and larval quality**. London: Blackwell Science Ltd, p.1-20, 1995.
- MAYNARD, L.A.; LOSSLY, J.K. **Nutrição Animal**. Rio de Janeiro: McGraw hill, p.550, 1966.
- MAYNARD, L.D.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. et al. **Nutrição animal**. 3.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, p.726, 1984.
- MEURER, F.H.; SOARES, C.M. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science**, v.31, n2, p.566-573, 2002.
- OLIVA-TELES, A. Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquacult. Int.*, v.8, p.477-492, 2000.
- OPSTVEDT, J.; MILLER, R.; HARDY, R. et al. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.32, p.929-935, 1984.
- PAPADOPOULOS, M.C. Effect of processing on high-protein feedstuffs: a review. **Biological Wastes**, v.29, p.123-138. 1989.
- PEZZATO, L.E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: Simpósio Internacional Sobre Nutrição e Crustáceos, **Anais...** Campos do Jordão, p.34-52, 1995.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L. E. ; BARROS, M.M.; FRACALLOSSI, D.M. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M. et al. (Org.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. 1 ed. São Paulo: TecArt, v. 1, p. 75 – 170, 2004.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. et al. **Basic animal nutrition and feeding**. Hoboken: Wiley, p.608, 2005.
- REYES-SOSA, C.F., CASTELLANOS-MOLINA, R. Nutritional evaluation of gizzard erosion positive brown fish meal in starter diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v138, p.323-329, 1995.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p.141, 2005.
- SAKOMURA, N.K., ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal, SP: Funep, p.283, 2007.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SWAISGOOD, H.E., CATIGNANI, G.L. Protein digestibility: in vitro methods of assessment. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.35, p.185-236, 1991.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- VERGARA, J.M., LOPEZ-CALERO, G., ROBAINA, L. et al. Growth, feed utilization and body lipid content of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed increasing lipid levels and fish meals of different quality. **Aquaculture**, v.179, p.35-44, 1999.
- WANG, X; PARSON, C.M. Effect of raw material source, processing system, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, v.77, p.834-841, 1998.
- WILSON, R. P. **Amino Acids and Proteins**. In: HARVER, J. E. Ed. Fish Nutrition. London: Academic Press, p.111–151, 1989.

**VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA
TILÁPIA DO NILO**

VALORES DE PROTEÍNA, ENERGIA E AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DA FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA TILÁPIA DO NILO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar valores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis da farinha de carne e ossos com diferentes teores de proteína bruta. Um ensaio de digestibilidade in vivo foi realizado com 180 juvenis de tilápia do Nilo ($32,65 \pm 4,52$ g) da linhagem GIFT, distribuídos em aquários cônicos. Cinco farinhas de carne e ossos com 30,90; 35,26; 38,06; 41,38 e 44,36% de proteína bruta foram avaliadas. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foi utilizada ração-referência com base em proteína de farelo de soja e farinha de vísceras de aves com aproximadamente 3.120 kcal de ED/kg e 32% de proteína bruta. As rações-teste foram compostas por 70% da dieta-referência e 30% de cada farinha de carne e ossos avaliada. Um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições foi utilizado. Os valores de coeficientes de digestibilidade da energia bruta, proteína bruta e aminoácidos e de valores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis foram submetidos à regressão linear ou quadrática. Foi observado um aumento linear sobre os valores de proteína digestível e energia digestível à medida que aumentou os níveis de proteína bruta das farinhas de carne. Os coeficientes de digestibilidade aparente médios dos aminoácidos essenciais (incluindo cistina e tirosina) das farinhas de carne e ossos com 30,90; 35,26; 38,06; 41,38 e 44,36% de proteína bruta foram de: 82,21; 86,50; 90,06; 89,94 e 92,61%, respectivamente. Foi observada grande variação entre os CDA da proteína bruta, energia bruta e aminoácidos entre e entre as farinhas de carne e ossos avaliadas. Com base no conceito de proteína ideal, os aminoácidos mais limitantes na farinha de carne são respectivamente: os aminoácidos sulfurados, a treonina e a isoleucina.

Palavras-chave: digestibilidade; farinha de carne; composição química

Digestible energy, protein and aminoacids values of meat and bone meals for Nile tilapia

This work was carried out to determine values of energy, protein and digestible amino acids from meat and bones meals with different crude protein levels. An in vivo digestibility trial was conducted with 180 juveniles of Nile tilapia (32.65 ± 4.52 g) GIFT strain, divided into conical tanks. Five meat and bones meals with 30.90, 35.26, 38.06, 41.38 and 44.36% crude protein were evaluated. To determine the apparent digestibility coefficients (ADC) was elaborated a reference diet based on soybean meal and poultry meal byproduct with approximately 3,120 kcal DE/kg and 32% of crude protein. The diets were composed of 70% of reference diet and 30% of each meat and bones evaluated. A completely randomized design with five treatments and three replications was used. The values of digestibility of gross energy, crude protein and amino acids and energy values, protein and digestible amino acids were subjected to linear or quadratic regression. It was observed a linear increase on the crude protein and digestible energy with , the increased levels of crude protein of meal. The average apparent digestibility of essential amino acids (including cystine and tyrosine) of meat and bones meals with 30.90, 35.26, 38.06, 41.38 and 44.36% crude protein were 82.21, 86.50, 90.06, 89.94 and 92.61% respectively. A great variation between the ADC of crude protein, gross energy and amino acids between and among each meat and bone meals was observed. Based on the ideal protein concept, the most limiting amino acids in meat and bone meal are, respectively: sulfur amino acids, threonine and isoleucine.

Key words: digestibility; meat; chemical composition

Introdução

A tilápia do Nilo é considerada uma das espécies mais importantes para a piscicultura brasileira pela suas particularidades, tais como: sua rápida taxa de crescimento, adaptação a condições adversas de criação, boa aceitação pelo consumidor (MacIntosh & Little, 1995; Boscolo et al., 2001; Meurer et al., 2002). Considerada uma espécie de hábito alimentar onívoro, é capaz de utilizar eficientemente nutrientes dos alimentos de origem animal e vegetal, possibilitando uma maior flexibilidade na formulação de rações (Pezzato et al., 2002).

Cada espécie tem uma maneira peculiar de assimilar os alimentos, e esta variação é quantificada com a determinação dos coeficientes de digestibilidade (Pond et al., 2005). A determinação da digestibilidade dos nutrientes e energia dos alimentos é fundamental para formulação de rações para peixes (Pezzato et al., 2004).

Peixes não têm requisitos absolutos de proteína, mas de aminoácidos que compõem a proteína (Oliva-Teles, 2000). Por isso é importante o correto balanceamento de aminoácidos para permitir a melhor utilização da proteína na dieta. Para uma suplementação de aminoácidos adequada, é necessário o conhecimento das exigências e digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos a serem utilizados. Cada espécie tem uma maneira peculiar de assimilar os alimentos, e esta variação é quantificada com a determinação dos coeficientes de digestibilidade (Pond et al., 2005).

Devido ao custo da farinha de peixe, os nutricionistas têm tentado substituir esta fonte por outros subprodutos de origem animal. Sendo assim, pela elevada produção de aves, suínos e bovinos no Brasil, há grande disponibilidade de farinha de carne e ossos no mercado, um dos alimentos proteicos de origem animal mais utilizado em fábricas de ração, pois além do baixo custo, apresenta bom balanço de aminoácidos, energia, ácidos graxos, minerais, vitaminas e é palatável (Furuya et al., 2001).

Ainda que exista elevada correlação entre os valores médios de CDA da proteína e aminoácidos (Hossain & Jauncey, 1989), é importante determinar a digestibilidade individual dos aminoácidos, pois o CDA da proteína nem sempre reflete a digestibilidade de alguns aminoácidos essenciais (Wilson et al., 1981; Masumoto et al., 1996). Valores de aminoácidos digestíveis, da farinha de carne e ossos, foram obtidos por Guimarães et al. (2008b) em experimento com tilápias, que obteve valores de 2,03;

0,41; 0,90; 2,65 e 0,34% de lisina, metionina, treonina, arginina e cistina, respectivamente.

O objetivo deste trabalho foi obter valores de proteína, energia e aminoácidos digestíveis para farinhas de carne e ossos, em diferentes níveis de proteína, para tilápia do Nilo.

Material e Métodos

O ensaio de digestibilidade “in vivo” foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá, UEM/Codapar, localizada no distrito de Floriano, pertencente ao município de Maringá – PR, em janeiro de 2010.

Para a coleta de fezes foram utilizados aquários cônicos de fibra de vidro com capacidade individual de 250 L, em que os peixes foram mantidos durante todo o período experimental. Em cada aquário foram distribuídos quinze juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT, com peso vivo médio de $32,65 \pm 4,52$ g, provenientes de uma base avançada da Universidade Estadual de Maringá localizada no Rio do Corvo no município do Diamante do Norte-PR.

Toda água utilizada no ensaio de digestibilidade era proveniente de um poço artesiano previamente estocada em dois tanques circulares de 2000 L dentro do laboratório com a finalidade de evitar mudanças na temperatura durante as coletas.

As rações foram fornecidas, diariamente, até a saciedade aparente dos peixes no período entre 8h e 17h. Trinta minutos após o último arraçoamento, às 17h30min, todos os aquários foram lavados e toda a água renovada para que os frascos coletores fossem acoplados individualmente no fundo de cada aquário, para coletar as fezes por decantação. As fezes que foram armazenadas no frasco coletor durante a noite eram recolhidas na manhã seguinte (07h), e armazenadas em frascos plásticos identificados e acondicionadas em freezer a -21°C até o final do período de coleta.

Para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína, energia e aminoácidos, elaborou-se uma ração-referência prática com base em proteína de farelo de soja e farinha de vísceras de aves, com aproximadamente 3.120 kcal de ED/kg, 32% de proteína bruta, 3,40% de fibra bruta e 0,50% de fósforo disponível (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição percentual e calculada (base na matéria natural) da dieta referência

Item	%
Milho	32,62
Farelo de soja	43,70
Farinha de vísceras de aves	14,95
Amido de milho	2,99
Fosfato bicálcico	1,99
Óleo de soja	1,49
L-lisina HCl	0,10
DL-metionina	0,10
L-treonina	0,10
L-triptofano	0,05
L-arginina	0,10
Vitamina C ²	0,10
NaCl	0,50
Cloreto de colina	0,10
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,50
Antioxidante ³	0,02
Antifúngico ⁴	0,10
Óxido de crômio ^{III}	0,50
Composição	
Matéria seca, %	90,93
Proteína bruta, %	32,00
Energia bruta, kcal/kg	3.120,00
Fibra bruta, %	3,40
Extrato etéreo, %	6,53
Cálcio, %	1,25
Fósforo disponível, %	0,50
Lisina, %	1,48
Metionina, %	0,49
Metionina + cistina	0,82
Treonina, %	1,06
Arginina, %	1,92
Histidina, %	0,59
Isoleucina, %	1,07
Leucina, %	1,98
Fenilalanina, %	1,23
Fenilalanina + tirosina, %	0,86
Valina, %	1,15

¹Suplemento mineral e vitamínico (por kg): vitamina A, 1 200 000 IU; vitamina D3, 200 000 IU; vitamina E, 12 000 mg; vitamina K3, 2 400 mg; vitamina B1, 4 800 mg; vitamina B2, 4 800 mg; vitamina B6, 4 000 mg; vitamina B12, 4 800 mg; ácido fólico = 1200 mg; pantotenato D-cálcio, 12 000 mg; ácido ascórbico, 48 000 mg; biotina, 48 mg; colina, 65 000 mg; ácido nicotínico, 24 000 mg; ferro, 10 000 mg; sulfato de cobre, 600 mg; sulfato de manganês, 4 000 mg; sulfato de zinco, 6 000 mg; iodo de potássio, 20 mg; cobalto, 2 mg; selênio, 20 mg; ²Vitamina C: sal calcítico, princípio ativo-42% ácido ascórbico-2-monofosfato; ³Butil-hidroxi-tolueno; ⁴Propionato de cálcio; Valores determinados no Laboratório de Nutrição Animal – DZO/UEM, Maringá-PR; Valores determinados pela Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, São Paulo, Brasil.

O CDA da proteína bruta foi determinado pelo método indireto usando óxido de crômio^{III} (0,5%) como indicador. As fezes foram coletas em aquários de digestibilidade pelo método de Guelph modificado, que consistiu em aquários cilíndricos de fundo cônico, em que as fezes decantavam nos tubos de coleta situados no fundo dos aquários. Registros de água no fundo de cada aquário foram utilizados para evitar a contaminação das fezes com possíveis sobras de ração, em que os registros eram fechados durante o período de alimentação e abertos no período da noite e no momento de coleta das fezes.

Com os alimentos-teste foram utilizadas cinco farinhas de carne e ossos com diferentes níveis de proteína bruta (Tabela 2), que foram incluídas na ração-referência na proporção de 30%, constituindo as rações-teste.

Tabela 2 – Composição química-bromatológica das farinhas de carne e ossos com diferentes níveis de proteína bruta (base na matéria natural)

Item	Proteína bruta (%)				
	30,90	35,26	38,06	41,38	44,36
MS	93,64	94,05	94,76	95,15	95,64
PB	30,90	35,26	38,06	41,38	44,36
EB	3031,40	3249,37	3462,88	3767,10	4011,39
EE	8,42	9,97	10,96	12,52	13,83
MM	42,56	39,59	36,73	33,80	30,89
Lys	1,62	1,74	2,07	2,18	2,52
Met	0,52	0,56	0,56	0,66	0,81
Met+cys	0,67	0,74	0,79	0,92	1,09
Thr	0,94	1,05	1,18	1,34	1,54
Trp	0,15	0,14	0,21	0,25	0,30
Arg	2,77	2,72	2,80	3,12	3,37
His	0,43	0,54	0,64	0,75	0,79
Ile	0,80	0,85	0,97	1,15	1,30
Leu	1,67	1,91	2,16	2,45	2,77
Phe	1,11	1,16	1,29	1,42	1,78
Tyr	0,59	0,58	0,65	0,84	0,91
Val	1,14	1,26	1,47	1,65	1,87

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; Lys = lisina; Met = metionina; Met + cys = metionina + cistina; Thr = treonina; Trp = triptofano; Arg = arginina; His = histidina; Ile = isoleucina; Leu = leucina; Phe = fenilalanina; Tyr = tirosina e Val = valina

Na confecção das rações-teste, após moagem, pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescida água a 60 °C na proporção de 25% do peso total da ração. A mistura foi aglomerada em moinho de carne elétrico e desidratada em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 48 horas.

Cada ração-teste foi avaliada em triplicata, ou seja, três aquários cônicos foram utilizados para determinar a digestibilidade de cada ração-teste e cada aquário foi considerado uma repetição. Esta coleta foi mantida durante o período de cinco dias, formando assim um “pool” de fezes. Antes do início das coletas, os peixes foram adaptados aos aquários cônicos, ao manejo e as rações durante sete dias. Doze aquários cônicos foram usados, sendo coletadas amostras de quatro rações-testes no primeiro período de coleta e em seguida usados apenas seis aquários cônicos, sendo coletada uma ração-teste e a ração-referência. A cada nova ração-teste, as fezes eram desprezadas nos três primeiros dias para evitar possíveis contaminações com as fezes da ração anterior. Ao final de cada período de coleta, as fezes foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 48 horas e em seguida moídas em moinho tipo bola.

As análises bromatológicas das farinhas de carne e ossos, das rações e das fezes foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – DZO/UEM, de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de cromo das dietas e fezes foram determinados de acordo com Bremer-Neto et al. (2005), no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, UNESP/Botucatu.

As análises de aminoácidos foram determinadas pelo laboratório da Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda.

Os CDA da proteína foram calculados de acordo com as expressões descritas por Pezzato et al. (2002).

$$CDA = 100 - \left[100 \cdot \left(\frac{\%I_r}{\%I_f} \right) \cdot \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

Em que: CDA(n) = digestibilidade aparente; I_r = % de óxido de cromo na ração; I_f = % de óxido de cromo nas fezes; N_r = nutrientes na ração; N_f = nutriente nas fezes.

$$CDA_{ing} = \frac{CD_{(rt)} - b \cdot CD_{rr}}{a}$$

Em que:

CDA(ing) = coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente;

CD(rt) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração com o alimento-teste;

CD(rr) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração-referência; b = porcentagem da ração basal; a = porcentagem do ingrediente teste.

Foi traçado o perfil de proteína ideal para os aminoácidos digestíveis das farinhas para uma posterior comparação com o perfil de proteína ideal das exigências encontradas para as tilápias, em que cada aminoácido essencial, incluindo cistina e tirosina, foram apresentados como porcentagem da lisina.

As equações de predições dos valores de proteína digestível, energia digestível e aminoácidos digestíveis em função do nível de proteína bruta da farinha de carne e ossos foram obtidos por meio do pacote estatístico SAEG (2007).

Resultados e Discussão

Durante a realização do ensaio de digestibilidade a qualidade de água foi mantida por meio de renovação diária, suprimento de oxigênio e temperatura média de 25°C, objetivando o conforto dos peixes. Não foram observadas alterações no consumo durante o período de experimental, independentemente do tratamento avaliado ou dos peixes que receberam a ração controle.

Observou-se grande variabilidade na composição em proteína bruta, energia bruta e aminoácidos totais das farinhas de carne e ossos com diferentes níveis proteicos (Tabela 2).

A proteína variou de 30,90 a 44,36%, sendo a variação de lisina entre estas farinhas de 1,62 a 2,52%, em que também foi verificado aumento nos valores dos demais aminoácidos em função do aumento dos níveis de proteína bruta das diferentes farinhas de carne e ossos. Esta variação também foi observada no trabalho realizado por Rostagno et al. (2005), em que relataram conteúdo de lisina total de 1,74 a 3,10%, com teor de proteína bruta de 35,96 a 61,23%, respectivamente.

Esta variabilidade na proporção proteica e de aminoácidos pode ser atribuída a diferenças na matéria-prima utilizada. Segundo Berk & Schulz (1995), na comparação dos níveis de proteína e de aminoácidos nas diferentes farinhas de carne e ossos, deve-se considerar a composição do alimento em relação à matéria-prima utilizada.

A Farinha de carne e ossos é originada do processamento industrial de ossos e tecidos animais após a desossa completa da carcaça de bovinos. Os resíduos são moídos, cozidos, prensados para extração de gordura e novamente moídos, devendo ser isento de chifres, casco e outras matérias estranhas à sua composição, como: sangue, pelos, conteúdo estomacal ou ruminal, para obtenção de um produto de boa qualidade (Butolo, 2002). Assim, o valor nutritivo de uma farinha de carne está diretamente relacionado com a matéria-prima utilizada para sua confecção, bem como do processamento utilizado para sua obtenção.

Segundo Gonçalves et al. (2009), o valor biológico de cada alimento pode variar de acordo com a metodologia utilizada, composição da ração-referência, processamento das rações, armazenamento e forma de coleta de fezes. Ainda não existe uma ração padrão para peixes, uma vez que as rações comerciais são elaboradas com diversos alimentos de origem animal e vegetal, considerando-se a disponibilidade e custo da matéria-prima.

Foi observada elevada variação dos coeficientes de digestibilidade aparente para a proteína bruta, energia bruta e aminoácidos essenciais (incluindo cistina e tirosina) entre e dentre as farinhas de carne e ossos com diferentes níveis de proteína bruta (Tabela 3).

Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta e aminoácidos essenciais (incluindo cistina e tirosina) da farinha de carne e ossos em função do nível de proteína bruta

	Proteína bruta (%)				
	30,90	35,26	38,06	41,38	44,36
PB	49,67	57,01	62,77	74,28	87,03
EB	72,37	72,91	78,23	79,85	88,32
Lys	78,21	80,35	81,72	82,62	92,52
Met	77,46	84,36	84,76	88,80	89,09
Cys	83,88	88,24	89,34	89,91	89,41
Thr	89,68	89,89	97,69	94,04	95,02
Arg	65,27	69,83	74,06	77,75	89,07
His	86,71	86,92	89,03	87,01	90,76
Ile	79,60	87,78	91,56	90,21	89,44
Leu	78,89	86,51	91,76	93,01	93,02
Phe	79,51	86,99	92,14	93,07	94,95
Tyr	95,78	96,40	100,00	100,00	100,00
Val	77,45	85,43	90,63	90,94	93,75
Média	78,04	82,51	86,44	87,81	91,72
	Equação				R ²
PB	y = - 51,340 + 2,919x				0,967
EB	y = 34,790 + 1,146x				0,863
Lys	y = 48,320 + 0,915x				0,751
Met	y = 52,32 + 0,857x				0,963
Cys	y = 72,890 + 0,401x				0,727
Thr	y = 163,800 - 6,297x + 0,100x ²				0,974
Arg	y = 163,800 - 6,297x + 0,100x ²				0,974
His	y = 75,390 + 0,326x				0,904
Ile	y = - 149,900 + 11,24x - 0,131x ²				0,987
Leu	y = - 153,100 + 11,06x - 0,124x ²				0,992
Phe	y = - 114,5 + 9,078x - 0,098x ²				0,987
Tyr	y = 39,870 + 2,566x - 0,027x ²				0,829
Val	y = - 117,200 + 9,088x - 0,098x ²				0,977

PB = proteína bruta; EB = energia bruta; Lys = lisina; Met = metionina; Met = metionina; cys = cistina; Thr = treonina; Arg = arginina; His = histidina; Ile = isoleucina; Leu = leucina; Phe = fenilalanina; Tyr = tirosina e Val = valina

As diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das farinhas possivelmente estão relacionadas à matéria-prima utilizada para a confecção das mesmas, que influencia a composição química e os valores nutritivos das mesmas. De forma geral, observou-se aumento dos coeficientes de digestibilidade aparente de todos os aminoácidos, da proteína bruta e da energia bruta, de acordo com o aumento do nível de proteína bruta da farinha de carne e ossos.

Para a farinha de peixe de origem nacional, Gonçalves et al. (2009) encontraram valores de coeficiente de digestibilidade da lisina (93,63), arginina (89,39), histidina (92,24), isoleucina (89,70) e valina (92,46) próximos aos encontrados para a farinha de carne e ossos com 44,36% de proteína bruta no presente trabalho.

Em relação aos dados do presente trabalho obtidos com a farinha de carne e ossos com 44,36% de proteína bruta, Furuya et al. (2001), em estudo realizado com a farinha de peixe nacional com a tilápia do Nilo, encontraram coeficientes de digestibilidade inferiores para a histidina (73,52), treonina (79,58), cistina (79,27) e tirosina (83,73), e valores superiores para a metionina (91,61). Guimarães et al. (2008b), em estudo realizado com a tilápia do Nilo, obtiveram valores superiores de coeficientes de digestibilidade aparente para a arginina (91,15), isoleucina (92,13), lisina (95,32), metionina (92,73) e cistina (96,13).

Diferentes dos valores obtidos por Allan et al. (2000), em estudo realizado com perca prateada australiana (*Bidyanus bidyanus*), que avaliaram três farinhas de peixes, observaram coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos maiores para todos os aminoácidos encontrados neste experimento, com exceção da tirosina. Contudo, estas farinhas continham mais de 70% de proteína bruta, o que pode justificar um maior coeficiente de digestibilidade, pelo valor nutritivo da matéria-prima utilizada.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade da farinha de carne obtidos por Guimarães et al. (2008a) oscilaram entre os das farinhas do presente trabalho, em que alguns aminoácidos extrapolaram a amplitude de dados obtidos, a exemplo da metionina, treonina, cistina e tirosina, com 95,1 ; 79,3 ; 93,3 e 86,3 , respectivamente.

Os valores obtidos no presente trabalho foram inferiores aos obtidos com A farinha de vísceras, que apresentou maior coeficiente de digestibilidade para a maioria dos aminoácidos, com exceção da treonina (86,2%) e tirosina (86,8%) (Guimarães et al. 2008a).

Os valores de proteína digestível, energia digestível e aminoácidos digestíveis da farinha de carne e ossos em função do nível de proteína bruta com base em matéria natural, encontram-se Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de proteína digestível, energia digestível e aminoácidos essenciais digestíveis (incluindo cistina e tirosina) da farinha de carne e ossos em função do nível de proteína bruta (base em MN)

	Proteína bruta (%)				
	30,90	35,26	38,06	41,38	44,36
PD (%)	16,74	21,37	25,21	32,30	40,36
ED (kcal)	2193,82	2369,12	2709,01	3008,03	3542,86
Lys	1,26	1,40	1,69	1,80	2,33
Met	0,40	0,48	0,47	0,58	0,72
Met + cys	0,56	0,66	0,70	0,83	0,98
Thr	0,84	0,94	1,15	1,26	1,46
Arg	1,81	1,90	2,07	2,43	3,00
His	0,37	0,47	0,57	0,65	0,72
Ile	0,64	0,74	0,89	1,03	1,16
Leu	1,32	1,66	1,98	2,28	2,58
Phe	0,88	1,01	1,19	1,32	1,69
Phe + tyr	1,44	1,57	1,84	2,16	2,60
Val	0,88	1,08	1,33	1,50	1,75
	Equação				R ²
PD	$y = 87,130 - 4,938x + 0,084x^2$				0,999
ED	$y = 1009,000 + 99,32x$				0,941
Lys	$y = 6,076 - 0,304x + 0,004x^2$				0,963
Met	$y = 6,076 - 0,304x + 0,004x^2$				0,963
Met + cys	$y = 1,914 - 0,092x + 0,001x^2$				0,993
Thr	$y = - 0,829 + 0,048x$				0,974
Arg	$y = 12,220 - 0,599x + 0,008x^2$				0,997
His	$y = - 0,571 + 0,028x$				0,991
Ile	$y = - 0,812 + 0,042x$				0,991
Leu	$y = - 2,054 + 0,099x$				0,997
Phe	$y = - 1,208 + 0,060x$				0,935
Phe + tyr	$y = - 1,778 + 0,091x$				0,947
Val	$y = - 1,441 + 0,068x$				0,990

PD = proteína digestível; ED = energia digestível; Lys = lisina; Met = metionina; Met + cys = metionina + cistina; Thr = treonina; Arg = arginina; His = histidina; Ile = isoleucina; Leu = leucina; Phe = fenilalanina; Phe + tyr = fenilalanina + tirosina e Val = valina

Estes valores indicam considerável melhora na qualidade nutritiva do alimento com o aumento da proteína bruta. Valores mais baixos de aminoácidos digestíveis foram encontrados por Pozza et al. (2004), em trabalho realizado com suínos e farinhas de carne e ossos com níveis de proteína bruta entre 33,53 a 52,43%.

Os valores de energia digestível obtidos no presente estudo foram inferiores aos obtidos com a farinha de peixe (3701 kcal) por Gonçalves et al. (2009), e com farinha de sangue spray-dried (3943 kcal) por Sampaio et al. (2001). Valores superiores de energia digestível foram obtidos somente com farinhas de carne com teores de proteína bruta acima de 41,38%, indicando a importância da avaliação do valor de energia digestível da proteína para atender as exigências de energia, bem como a adequada

proporção da relação energia:proteína, principalmente quando a farinha de carne é a principal fonte de proteína da ração.

Dos resultados na Tabela 4, os valores de aminoácidos digestíveis apresentados foram menores se comparados aos dados obtidos com tilápias utilizando farinha de peixe, retratados por Gonçalves et al. (2009), exceto de arginina (2,95). Entretanto, o valor de proteína digestível da farinha de carne e ossos com o maior nível de proteína bruta avaliado no presente trabalho, é semelhante ao encontrado por Gonçalves et al. (2009) com a farinha de peixe, demonstrando assim que a farinha de carne e ossos com 44,36% de proteína bruta constitui também uma boa fonte de proteína e aminoácidos para tilápias.

Na Tabela 5, encontram-se os valores de aminoácidos digestíveis das farinhas de carne e ossos com diferentes níveis de proteína e as exigências de aminoácidos da tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal.

Tabela 5 – Padrão de aminoácidos da farinha de carne e ossos e exigências de aminoácidos da tilápia do Nilo, com base no conceito de proteína ideal

PB (%)	AAE/L									
	Lys	Met	Met+Cis	Thr	Arg	His	Ile	Leu	Phe+tyr	Val
30,90	100,00	31,93	41,46	58,29	171,29	26,42	49,50	103,53	113,94	70,61
35,26	100,00	32,38	42,71	60,28	155,91	30,94	48,62	109,87	112,16	72,45
38,06	100,00	26,87	37,99	56,84	135,33	31,08	46,93	104,49	108,83	71,15
41,38	100,00	30,17	42,24	61,29	143,39	34,53	52,57	112,40	120,04	75,76
44,36	100,00	31,97	43,45	60,96	133,72	31,37	51,47	110,01	111,61	74,07
Exigência										
Fase/peso	Lys ¹	Met ²	Met+Cys ³	Thr ⁴	Arg ⁵	His ⁵	Ile ⁵	Leu ⁵	Phe+tyr ³	Val ⁵
Reversão	100,00	34,09	60,00	77,27	82,27	34,09	60,91	66,36	108,18	54,55
Pós reversão	100,00	33,99	60,13	77,12	82,35	33,99	60,78	66,01	107,84	54,25
100g	100,00	34,06	60,14	77,54	82,61	34,06	60,87	66,67	108,70	54,35

FCO = Farinha de carne e ossos; Lys = lisina; Met = metionina; Met + cys = metionina + cistina; Thr = treonina; Arg = arginina; His = histidina; Ile = isoleucina; Leu = leucina; Phe+tyr = fenilalanina + tirosina e Val = valina

¹Furuya et al.(2004a); Furuya et al.(2006); Takishita et al.(2009) e Bonfim et al.(2010); ²Furuya et al.(2004b); ³Furuya et al.(2001); Bonfim et al.(2008a) e Quadros et al.(2009); ⁴Silva et al.(2006); Bonfim et al.(2008b) e Quadros et al.(2009); ⁵Santiago e Lovell,(1988).

Com base na proporção de cada aminoácido em relação à lisina na Tabela 5, a farinha de carne e ossos atende às proporções de aminoácidos para as tilápias nas

diferentes fases de criação para a maioria dos aminoácidos, com exceção da isoleucina. Para a histidina, destaca-se a menor proporção do aminoácido em relação à lisina na farinha de carne e ossos com o menor conteúdo de proteína bruta. Porém sua inclusão, juntamente com outros alimentos pode permitir o melhor balanceamento de aminoácidos, evitando sua presença como aminoácido limitante.

Em razão da variabilidade na composição nutricional das farinhas de carne e ossos, faz-se necessário utilizar valores de aminoácidos digestíveis quando este alimento estiver presente na formulação de dietas, para maior precisão na formulação. O valor nutritivo de um alimento não pode ser realizado somente com base em seu conteúdo em proteína digestível e energia digestível, mas também com base em valores de aminoácidos digestíveis determinados individualmente. No presente trabalho, observou-se grande variação nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos entre e dentre as farinhas de carne avaliadas, indicando a necessidade de considerar individualmente seu valor nutritivo.

Ainda que diversos alimentos proteicos de origem animal estejam disponíveis para serem utilizados em rações comerciais para tilápias, são importantes as informações sobre o valor nutritivo das mesmas, considerando a origem e processamento da matéria-prima para obtenção do produto final. Dada a importância da elaboração de rações balanceadas para obter o desempenho produtivo e saúde dos peixes esperados, tornam-se importantes os estudos sobre o valor nutritivo dos alimentos que podem compor rações para organismos aquáticos.

Conclusões

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos das farinhas de carne e ossos foram de 82,21; 86,50; 90,06; 89,94 e 92,61% para as FCO com 30,90; 35,26; 38,06; 41,38 e 44,36% de proteína bruta, respectivamente.

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína não acompanha o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos. Foi observada variação entre os CDA da proteína bruta, energia bruta e aminoácidos entre e dentre as farinhas de carne avaliadas. Com base no conceito de proteína ideal, os aminoácidos mais limitantes na farinha de carne são os aminoácidos sulfurados, a treonina e a isoleucina, respectivamente.

Os maiores coeficientes de digestibilidade de aminoácidos foram obtidos com farinhas de carne e ossos com valor igual ou maior que 41,38% de proteína bruta.

LITERATURA CITADA

- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293-310, 2000.
- BERK, A.; SCHULZ, E. Investigations into the digestibility of meat meals in pigs. **Animal Research Development**, v.41, p.74-85, 1995.
- BOMFIM, M.A.D.; E.A.T LANNA, J.L. DONZELE. et al. Exigências de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.783-790. 2008a.
- BOMFIM, M.A.D.; E.A.T. LANNA, J.L. DONZELE. et al. Exigências de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2077-2084. 2008b.
- BOMFIM, M.A.D.; E.A.T. LANNA, J.L. DONZELE. et al. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1-8. 2010.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES C.M. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos da tilápia do Nilo, linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.5, p.1391-1396, 2001.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, v.25, p.691-697, 2005.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, SP, p.242-250, 2002
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, AL, v.30, n.4, p. 1125-1149, 2001.
- FURUYA, W. M.; D. BOTARO, L.C.R. SILVA, P.R. NEVES, E C. HAYASHI. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural**, v.34, p.1571-1577, 2004a.
- FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R. et al. Exigências de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Ciência Rural** v.34, p.1933-1937, 2004b.
- FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R. et al. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.937-942, 2006.
- GONÇALVES, G.S., PEZZATO, L.E., BARROS, M.M. et al. Energia e nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.35, n.2, p. 201-213, 2009.

- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.396-404, 2008a.
- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Nutrient digestibility of several grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the Aquaculture Society**, v.39, p.781-789, 2008b.
- HOSSAIN, M.A.; JAUNCEY, K. Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture**, v.83, p.59-72, 1989.
- MACINTOSCH, D.J.; LITTLE, C.D. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: BROMAGE, N.R.; ROBERTS, R.J. **Broodstock management and egg and larval quality**. London: Blackwell Science Ltd, p.1-20, 1995.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.146, p.109-119, 1996.
- MEURER, F.H.; SOARES, C.M. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science**, v.31, n2, p. 566-573, 2002.
- OLIVA-TELES, A. Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition.. **Aquaculture Int.**, v.8, p.477-492, 2000.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L. E. ; BARROS, M.M.; FRACALOSSI, D.M. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M. et al. (Org.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. 1 ed. São Paulo: TecArt, v.1, p.75–170, 2004.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. et al. **Basic animal nutrition and feeding**. Hoboken: Wiley, p.608, 2005.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, Viçosa, Setembro/outubro, 2004.
- QUADROS, M.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1400-1406, 2009.
- ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos : composição de alimentos e exigências nutricionais**, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, Viçosa; ed.2, p.45, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 1.ed. p.141, 2000.
- SAEG **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes UFV - Viçosa, 2007.

- SAMPAIO F.G.; HISANO H.; YAMAKI A.R. et al. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e spray-dried, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n. 4, p.891-896, 2001
- SANTIAGO, C.B. e LOVELL, R.T. Amino acids requirements for growth of Nile tilapia. **The Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; et al. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1358-1264, 2006.
- TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápiado- nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2099-2105, 2009.
- WILSON, R.P., ROBINSON, E.H., POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from commom feed ingredients for channel catfish. **Journal of Nutrition**, v.111, p.923-929, 1981.