

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES POR
ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

FERNANDO KOJIMA NAKAGOME

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
ABRIL – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES POR
ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

FERNANDO KOJIMA NAKAGOME
Oceanógrafo

Orientador: Prof. Dr. LUIZ EDIVALDO PEZZATO

Co-orientadora: Profa. Dra Margarida Maria Barros

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
ABRIL – 2009

DEDICATÓRIA

A meus pais,
Jorge Nakagome e Mitiko Kojima Nakagome,
Por me guiarem com liberdade durante toda a minha vida e pelo amor
incondicional.

A minha mulher, Thais Rutkowski
Por conseguir iluminar minha vida ainda mais
e pelo que sentimos um pelo outro.

A meu irmão, Maurício Kojima Nakagome
Por todos os bons momentos que vivemos juntos
e pelos outros tantos que ainda virão.

A todos os meus familiares,
Pelo apoio e vibrações positivas.

A Deus.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato que, antes de qualquer coisa, se tornou um grande amigo, orientando-me não somente nas questões pertinentes à pesquisa científica como também nas questões éticas e morais do cotidiano. Carpe diem!

À minha co-orientadora Profa. Dra Margarida Maria Barros pela amizade, orientação e apoio irrestrito, sempre ávida a que eu utilizá-se o melhor de mim. Apesar de ser são-paulina e não corintiana! (Idem para o Vadinho)

À equipe de pesquisa do Laboratório de Nutrição de Peixes – AquaNutri, Daniel de Magalhães Araujo, Luiz Gabriel Quintero Pinto, André Bordignon, Altevir Signor, Dario Rocha Falcon, Igo Gomes Guimarães, João Fernando Albers Kock, Caroline Pelegrina Teixeira, Blanca Stella Pardo Gamboa, Ademir Carvalho Jr., Rosângela do Nascimento Fernandes, Vivian Gomes dos Santos e todos estagiários e amigos que por ali estiveram, pelo ótimo convívio, amizade e troca de conhecimentos. Nos encontraremos nos congressos Brasil afora, de preferência no litoral!

A todos os professores e funcionários nos quais pude ter a honra de conviver, sugando-lhes um pouco dos vossos conhecimentos.

Ao governo do Estado de São Paulo pela oportunidade em aprimorar meus conhecimentos pelo curso de mestrado em Zootecnia realizado na Universidade Estadual Paulista – UNESP e pelo suporte financeiro concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.

A todos, minha humilde e sincera gratidão.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
Capítulo - I	2
1. Introdução.....	3
2. Métodos de determinação de digestibilidade	4
2.1. Coleta de fezes.....	4
2.2. Tipos de marcadores	5
3. Fatores que afetam a digestibilidade.....	7
3.1. Processamento	7
3.2. Nível de Arraçoamento	9
3.3. Fatores ambientais (salinidade e temperatura)	10
3.4. Idade, tamanho e peso.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
 Capítulo - II	18
DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS POR	
ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) PESANDO ENTRE 0,6 A	
3,76 GRAMAS	
Resumo	19
Abstract	20
Introdução	20
Material e Métodos	22
Resultados	27
Discussão	29
<i>Peixes com peso entre 0,60 a 1,04 g</i>	29

<i>Peixes com peso entre 1,14 a 1,44 g</i>	30
<i>Peixes com peso entre 2,37 a 3,76 g</i>	31
Conclusões	32
Referências Bibliográficas	33
 Capítulo - III	37
DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES PROTÉICOS POR ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) PESANDO ENTRE 0,6 A 3,76 GRAMAS	
Resumo	38
Abstract	39
Introdução	39
Material e Métodos	41
Resultados	45
Discussão	47
<i>Peixes com peso entre 0,60 a 1,04 g</i>	47
<i>Peixes com peso entre 1,14 a 1,44 g</i>	49
<i>Peixes com peso entre 2,37 a 3,76 g</i>	50
Conclusões	51
Referências Bibliográficas	52
 Capítulo - IV	55
Recomendações	56
Implicações	57

SUMÁRIO DE TABELAS

Página

Tabela 1. Composição químico-bromatológica e energia bruta do milho, quirera de arroz, farelo de trigo e sorgo. (Valores em matéria natural)	22
Tabela 2. Composição percentual e nutricional da ração referência. (Valores em matéria natural)	23
Tabela 3. Valores de coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do milho, quirera de arroz, sorgo e farelo de trigo para os três tamanhos de alevinos (Valores com base em 100 % de MS).....	28
Tabela 4. Composição químico-bromatológica e energia bruta da farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão (Valores em matéria natural).	41
Tabela 5. Composição percentual e nutricional da ração referência. (Valores em matéria natural)	42
Tabela 6. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) da farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão para os três tamanhos de alevinos. (Valores com base em 100% de MS)	46

Capítulo - I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

Segundo Maynard e Loosly (1966), a análise química e os testes alimentares são os primeiros realizados para se estimar o valor nutritivo de um ingrediente. Entretanto, após a ingestão, sua efetiva assimilação depende do uso que o organismo animal esteja capacitado a executar.

Andrigueto et al. (1982) citam que as espécies animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo esta variação quantificada por meio da determinação de seus coeficientes de digestibilidade. Ainda segundo estes autores, a digestibilidade de uma ração é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contidos.

Segundo Cho (1987), a determinação da digestibilidade dos nutrientes da matéria-prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa dieta para peixes. Os primeiros estudos acerca da determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos pelos peixes, segundo Hepher (1988), foram realizados por Homburger em 1877.

Para Higuera (1987), o valor nutritivo de um alimento depende de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingeri-los e absorvê-los. O resultado desse processo varia em função da espécie, condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa entre os nutrientes e dos processos tecnológicos os quais o alimento tenha sido submetido. Assim, segundo o NRC (1993), a digestibilidade descreve a fração do nutriente ou da energia do alimento que não é excretada nas fezes.

A substituição de determinados produtos e subprodutos da agroindústria, empregados como ingredientes das rações dos peixes, por produtos sucedâneos, tem se apresentado como prática econômica alternativa. A digestibilidade destes alimentos tem sido estudada por vários autores que apresentam resultados efetivos nesta área da nutrição animal.

2. Métodos de determinação de digestibilidade

2.1. Coleta de fezes

A coleta de fezes é o primeiro desafio no processo de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes de um ingrediente ou dieta para peixes. Isso ocorre devido à dificuldade em separar as fezes da água e evitar contaminação por ração não ingerida.

Coletas quantitativas de fezes de peixes são extremamente difíceis de serem realizadas, ao contrário dos mamíferos terrestres e das aves, sendo o método direto com coleta total de fezes pouco utilizado para a determinação da digestibilidade em peixes. Portanto, a digestibilidade em peixes se baseia na coleta parcial das fezes e utilização de um marcador, chamado de método indireto. Os CDA são calculados pela relação entre o nutriente e o marcador na dieta e fezes.

Diversos métodos de coleta de fezes já foram testados e uma ampla discussão sobre a confiabilidade desses métodos realizada (Hajen et al., 1993; Smith et al., 1995). Os mais utilizados são a compressão abdominal (*stripping*); o sistema St. Pée, desenvolvido por Choubert et al. (1979); a coluna TUF, desenvolvida por Ogino et al. (1973) e o método de Guelph, desenvolvido por Cho e Slinger (1979).

Todas as técnicas possuem peculiaridades que podem mascarar o resultado final do CDA. Aquelas que envolvem a coleta forçada de material fecal, como pressão abdominal, dissecação e sucção anal, podem sofrer contaminação por fluidos fisiológicos e por células do epitélio intestinal, que seriam reabsorvidos pelo peixe antes de ser eliminados, subestimando o valor digestível dos alimentos (Bureau et al., 2002). Nos métodos de coleta que envolvem evacuação natural pelos peixes, pode ocorrer lixiviação dos nutrientes e do marcador nas fezes, podendo gerar um valor superestimado no primeiro caso, ou subestimado no segundo (Abimorad e Carneiro, 2004).

Em estudo para avaliar a precisão e eficiência de alguns métodos de coleta de fezes para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Abimorad e Carneiro (2004) realizaram diversos métodos de coleta e observaram que não houve diferença estatística nos resultados de digestibilidade de uma ração referência obtidos com a dissecação intestinal, compressão abdominal, sistema de Guelph e sistema de Guelph modificado.

Porém, os autores ressaltam que apesar da pouca quantidade de amostra obtida pelos métodos de dissecação e compressão abdominal, estes demonstraram menores desvios-padrão das médias, sendo o último mais indicado por não haver a necessidade de abate dos animais.

Vanderberg e La Noue (2001), avaliaram a influência de três métodos de coleta de fezes sobre o CDA da matéria seca, proteína bruta, lipídeo, cinzas e energia bruta para trutas arco-íris. Os autores observaram que, para todos os nutrientes avaliados, os menores CDA foram obtidos pelo método de compressão abdominal. O método de coleta pelo sistema Guelph obteve os maiores valores de digestibilidade e o sistema St. Péé obteve valores intermediários.

2.2. Tipos de marcadores

Os marcadores fecais se dividem em internos e externos. Os externos são adicionados à dieta ou administrados por outra via ao animal, enquanto os marcadores internos ocorrem naturalmente nos alimentos (Kotb e Lukey, 1972).

Estes indicadores fecais apresentam várias aplicações em estudos nutricionais, tais como, estimar a quantidade de alimento ou nutriente consumido, medir o tempo e a taxa de passagem da ingesta pelo trato digestório, estimar o coeficiente de digestibilidade total ou parcial dos alimentos em estudo de digestibilidade e, quantificar o consumo de alimentos em condições controladas.

Maynard e Loosly (1966) consideram que as substâncias devem possuir as seguintes características para que sejam consideradas ideais como indicador: ser completamente indigestível e não absorvível, não ter ação farmacológica no aparelho digestório, passar uniformemente pelo aparelho digestório, ter fácil e rápida determinação química e, preferencialmente, ser constituinte natural da dieta.

Buddington (1980) desenvolveu um estudo no sentido de encontrar o marcador mais adequado para determinação do CDA, com trutas arco-íris, tilápias áurea, mossâmbica (*Oreochromis mossambica*) e nilótica. Esse autor concluiu que a matéria orgânica resistente à hidrólise foi mais eficiente e precisa que o Cr_2O_3 . Para Lied et al. (1982), tanto o Cr_2O_3 como o óxido de titânio IV mostraram-se equivalentes como indicadores externos, em estudo desenvolvido com o *Atlantic cod* (*Gadus morhua*).

Tacon e Rodrigues (1984) e Rodrigues (1985), em estudos desenvolvidos com a truta arco-íris, no sentido de comparar os marcadores usados na determinação do CDA, empregaram o Cr_2O_3 , fibra bruta, polietileno e cinzas insolúveis em ácido. Estes autores observaram, que o Cr_2O_3 e a fibra bruta apresentaram os menores coeficientes de variação com melhor repetibilidade. De Silva et al. (1980) avaliaram diferentes indicadores empregados na estimativa da digestibilidade de rações com a tilápia áurea, e não encontraram diferenças significativas entre os coeficientes de digestibilidade determinados entre o marcador externo Cr_2O_3 e o marcador interno fibra bruta.

Com o *Clarias lazera*, Shahat (1993) também desenvolveu pesquisa no sentido de comparar a eficiência de diferentes indicadores de digestibilidade. Para a determinação do CDA da proteína e da energia, mesmo com índices mais elevados, o Cr_2O_3 se apresentou como o mais adequado, seguido por cinzas insolúveis em ácido. Destacou, ainda, que por sua praticidade de determinação, as cinzas insolúveis em ácido também se apresentam como técnica adequada para esse fim.

Dentre os marcadores fecais externos, o óxido de cromo III (Cr_2O_3) se apresenta como o mais empregado em estudos de digestibilidade com peixes. Segundo Kotb e Lukey (1972), este foi inicialmente utilizado em estudos de digestibilidade em 1918 por Edin. Embora a técnica mais adequada para coleta de fezes seja desconhecida, o método do indicador, com o uso do Cr_2O_3 , se apresenta como o de melhor aceitação nos estudos de digestibilidade com peixes (Austreng, 1978).

Em estudos de digestibilidade com animais, o uso do Cr_2O_3 como marcador fecal, apresenta vantagens ao substituir a coleta total de fezes por proporcionar economia de tempo e custos (Kane et al., 1959). O Cr_2O_3 apresenta coloração verde clara à escura e é praticamente insolúvel em água, álcool ou acetona, mas ligeiramente solúvel em ácidos e álcalis (The Merk Index, 1966).

Para Coelho da Silva et al. (1968), o Cr_2O_3 por possuir maior densidade específica que a dos demais ingredientes, poderá não apresentar sua recuperação completa, uma vez que terá passagem mais lenta pelo trato digestório, acarretando em diferenças entre o volume de matéria seca colhido durante os períodos diurno e noturno. Bowen (1978) questionou o uso do Cr_2O_3 em estudos de digestibilidade com peixes, justamente em função de seu trânsito mais lento pelo trato digestório. No sentido de corrigir esse provável fator de erro, De la Noue et al. (1980) investigaram,

com trutas arco-íris, as condições necessárias para o uso do Cr_2O_3 como marcador da dieta para peixes. Estes autores concluíram que a coleta das fezes quando realizadas a partir do terceiro dia de alimentação, proporciona valores definitivos aos CDA.

Quanto à possibilidade de existir influência do período de coleta de fezes sobre o CDA obtido, em função das diferenças existentes entre os volumes de fezes excretadas pelos animais, Coelho da Silva et al. (1968) e De Silva et al. (1980), não verificaram diferenças estatísticas nas estimativas da digestibilidade, com base no material coletado entre os períodos diurno e noturno com a tilápia áurea (*Oreochromis aureus*).

Existem referências quanto ao teor de Cr_2O_3 afetar o CDA do alimento. Nesse sentido, Ringo (1993) verificou que a flora de bactérias aeróbicas intestinais do *Articharr* (*Salvinus alpinus*) foi afetada pela inclusão de 1,0% de Cr_2O_3 na ração. Esse autor concluiu que o Cr_2O_3 agiu sobre a flora microbiana intestinal e no epitélio intestinal.

Sallum (2000) desenvolveu estudo, com o matrinxã (*Brycon cephalus*), tendo por objetivo determinar o melhor período de pós-alimentação e o nível mais adequado de Cr_2O_3 para determinar o CDA. Concluiu o autor que a coleta das fezes, para análise deve ser realizada após o terceiro dia da alimentação com a ração contendo o ingrediente teste e que não existem diferenças quando da utilização dos níveis de marcador de 0,6 a 2,1% na ração.

3. Fatores que afetam a digestibilidade

3.1. Processamento

A maioria dos alimentos de origem vegetal tem seus CDA melhorados após passarem por processo de aquecimento. Isto pode ocorrer por diversos motivos como desativação dos fatores antinutricionais termo lábeis, gelatinização dos carboidratos ou desnaturação das proteínas, tornando-os mais acessíveis a ação das enzimas digestivas.

O cozimento ou gelatinização do carboidrato hidrata e reduz as cadeias de polissacarídeos, aumentando assim sua digestibilidade (Storebakken et al., 1998). Este aumento na digestibilidade do amido foi demonstrado por Kumar et al. (2006) que determinaram melhores CDA da matéria seca de rações contendo milho gelatinizado em relação às contendo milho cru em juvenis de *Labeo rohita*. A gelatinização do milho foi realizada pela adição de água e cozimento durante uma hora.

O efeito da extrusão do milho foi estudado em tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) e carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), por Takeuchi et al. (1994). Segundo estes autores, a gelatinização do amido de milho aumenta de forma significativa o seu valor nutritivo. Obtiveram com a carpa capim, CDA do milho cru e extruzado, respectivamente de: proteína bruta (95,2 e 96,5 %), extrato etéreo (87,7 e 92,2 %), amido (63,0 e 89,9 %) e energia bruta (87,8 e 89,3 %). Com a tilápia híbrida, os valores obtidos de CDA do milho cru e extruzado foram respectivamente: proteína bruta (97,9 e 98,4 %), extrato etéreo (97,1 e 97,8 %), amido (79,1 e 91,7 %) e energia bruta (78,6 e 86,8 %).

O valor nutritivo da folha da mandioca como fonte protéica em dietas peletizadas para tilápias do Nilo foi estudado por Ng e Wee (1989). O CDA para a proteína bruta foi de 18,2 % quando do emprego de folhas úmidas e, quando secas de 64,0 %.

Ingredientes de origem vegetal possuem compostos antinutricionais que podem ser classificados como termo-lábeis ou termo-estáveis (Francis et al., 2001). Os termo-lábeis, como inibidores de tripsina e lectinas, podem ser eliminados ou reduzidos pelo aquecimento durante o processamento do farelo de soja (Smith, 1977). Arndt et al. (1999) observaram redução nos níveis de unidades inibidoras de tripsina (UIT) do farelo de soja de 181 para 1,8 com tratamento térmico utilizando autoclave à 1,7 atm/121° C durante 20 minutos e este tratamento melhorou a digestibilidade da proteína de 74 para 91 % em Coho salmon.

3.2. Nível de Arraçoamento

As pesquisas revelam que o nível de arraçoamento, o estado físico e a quantidade do ingrediente têm efeito sobre a digestibilidade independentemente da espécie estudada. Windell et al. (1978) realizaram estudo com trutas arco-íris para determinar a ação do nível de arraçoamento sobre o CDA da dieta. Concluíram que os peixes que foram arraçados diariamente com 0,4 ou 0,6% do peso corporal apresentaram semelhantes CDA para a matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e carboidrato além de terem apresentado resultados significativamente superiores aos CDA dos peixes arraçados com 1,6% do peso corporal ao dia.

Bergot e Breque (1983) avaliaram, em juvenis de trutas arco-íris, a ação do processamento do amido e do nível de arraçoamento dos peixes, sobre o CDA da ração. Concluíram que ambos os fatores têm efeito significativo sobre o CDA e que a digestibilidade do amido cru passou, respectivamente, de 38,0 para 55,0% com os níveis de arraçoamento de 1,0 e 0,5% do peso vivo ao dia. Obtiveram ainda, com estes mesmos níveis de arraçoamento, CDA com o amido gelatinizado de 87,0 e 90,0%.

A correlação negativa entre o CDA e o aumento do nível de arraçoamento foi também constatada com o bagre africano (*Clarias gariepinus*) por Henken et al. (1985). Concluíram que o CDA foi significativamente menor quando os peixes foram arraçados com níveis de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% do peso vivo ao dia.

No sentido de avaliar o efeito do nível de ingestão na digestibilidade de matéria seca da truta arco-íris, Storebakken e Austreng (1987) utilizaram peixes pesando entre 0,5 e 1,0kg, os quais foram arraçados na razão de 0,12; 0,25; 0,50; 2,00 e 4,00% do peso vivo/dia, concluindo que o nível alimentar não interferiu significativamente na digestibilidade, sendo que foram obtidos, respectivamente, os coeficientes de digestibilidade de 89,1; 89,7; 89,1; 88,0; 86,9 e 87,5%.

3.3. Fatores ambientais (salinidade e temperatura)

Alguns fatores ambientais são capazes de influenciar o processo digestivo dos peixes, principalmente aqueles relacionados à qualidade da água em que vivem. Os peixes, por serem animais pecilotérmicos, possuem o metabolismo regulado diretamente pela temperatura do meio. Temperaturas abaixo de seu conforto térmico, diminuem o metabolismo, reduzindo conseqüentemente sua motilidade, ingestão e capacidade de digestão e absorção dos alimentos. Por outro lado, promove aumento no tempo de trânsito da digesta, podendo compensar a perda na eficiência do processo digestivo (Bureau et al., 2002).

A redução nos CDA dos macronutrientes com a redução na temperatura ambiente foi observada em trutas arco-íris (Brauge et al., 1995) e está relacionada à diminuição na atividade enzimática (Torrissen, 1984). Em estudo realizado com o salmão do Ártico (*Salvelinus alpinus*), Olsen e Ringo (1998) avaliaram o efeito de duas temperaturas (0,6 e 10° C) na digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, carboidrato e lipídeo. Os autores determinaram maiores valores de digestibilidade em peixes alimentados em temperatura mais elevada.

Azevedo et al. (1998) verificaram redução nos valores de CDA para as frações matéria seca, nitrogênio e energia bruta com a diminuição da temperatura de 15 para 6° C, para trutas arco-íris. A piora no aproveitamento dos nutrientes e da energia provavelmente é resultado do efeito do consumo de ração e não do efeito da temperatura da água. O consumo de ração é reduzido significativamente em baixas temperaturas, o que aumenta a proporção relativa das perdas endógenas intestinais pelas fezes. Este efeito resultaria em um menor CDA da dieta (Azevedo et al., 1998; Bureau et al., 2002).

A salinidade é outro fator ambiental que interfere na digestibilidade dos alimentos, entretanto, são raras as informações disponíveis na literatura. Segundo Bomfim e Lana (2004), isto pode ser atribuído à elevada motilidade intestinal apresentada pelos peixes em ambientes salinos, devido a alterações nos processos osmorregulatórios, reduzindo, desta forma, o tempo requerido para adequada digestão e absorção dos nutrientes. A truta arco-íris apresentou melhores CDA para a matéria orgânica, proteína bruta, gordura, carboidrato e energia bruta quando mantida em

água doce, em relação ao tratamento mantido em água salgada (Storebakken et al., 1998).

3.4. Idade, tamanho e peso

Estudos comprovam que vários parâmetros empregados no processo de determinação dos CDA de nutrientes da ração, pelos peixes, têm ação sobre os resultados obtidos. Dentre estes, pode-se observar a existência de alta correlação entre peso e comprimento dos peixes e CDA dos nutrientes da ração.

Inaba et al. (1962) estudaram, em trutas (*Oncorhynchus mykiss*), o efeito de diferentes estágios de crescimento sobre o CDA de uma ração padrão e concluíram que houve significativa variação na digestibilidade da proteína da ração entre grupos de pesos corporais.

Resultados semelhantes foram obtidos por Kitamikado et al. (1964), com trutas arco-íris. Estes autores verificaram a existência de diferenças significativas na digestibilidade da proteína em função do peso corporal. Concluíram, ainda, que os grupos com 10,0 ou 100,0 gramas apresentaram melhores CDA que indivíduos com peso médio de 6,0 gramas.

Ferraris et al. (1986) observaram que os CDA tenderam a aumentar com o maior peso corporal do *milkfish* (*Chanos chanos*). Law (1984) realizou estudo com o *jelawat* (*Leptobotus hoevenii*) no sentido de determinar o CDA de diferentes ingredientes, com grupos de peixes medindo de 5,0 a 8,0 cm e de 20,0 a 26,0 cm e observou que maiores coeficientes de digestibilidade aparente foram obtidos com peixes de maiores comprimentos.

Quintero-Pinto (2008) trabalhando com tilápias do Nilo de 25,0; 250,0 e 500,0 gramas, observou que os peixes maiores demonstraram melhor capacidade de utilização dos nutrientes de alimentos de origem vegetal, ao passo que os menores aproveitaram melhor os nutrientes de alimentos de origem animal e de fontes inorgânicas.

Windell et al. (1978) estudaram o efeito do tamanho (peso) do peixe, temperatura da água e quantidade de alimento fornecido (0,4; 0,8 e 1,6% do peso vivo) sobre a digestibilidade de nutrientes de rações peletizadas para truta arco-íris. Segundo os autores, não houve diferença significativa na digestibilidade em função do

tamanho do peixe e das temperaturas de 11,0 e 15,0°C. Entretanto, houve diferença significativa na digestibilidade na temperatura de 7,0°C, entre peixes com 18,0; 207,0 ou 585,0g. Com relação à ingestão de alimentos, ocorreram diferenças significativas entre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, carboidratos e energia, o que não ocorreu para as frações proteína e lipídios.

Avaliando a disponibilidade do fósforo (P) de diferentes fontes de origem animal e vegetal para trutas arco-íris de 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 50,0; 100,0 e 200,0 gramas de peso vivo, Satoh et al. (2002) observaram melhora na absorção do fósforo dos ingredientes de fontes vegetais e da farinha de penas de aves com o aumento do peso, atingindo o platô com peixes de 10,0 gramas. Para os dois tipos de farinhas de peixes avaliados, os autores verificaram pequena redução na absorção do P com o aumento do peso dos peixes. Os autores concluíram que a disponibilidade do P varia de acordo com o ingrediente avaliado e com o tamanho (peso) do peixe.

Com base nessas informações, o Capítulo - II intitulado **“Digestibilidade aparente de ingredientes energéticos por alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 0,6 e 3,76”** e o Capítulo - III intitulado **“Digestibilidade aparente de ingredientes protéicos por alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 0,6 e 3,76”** objetivaram determinar a capacidade digestiva de alevinos de tilápia com diferentes tamanhos. Estes capítulos foram redigidos conforme as normas de publicação da revista Aquaculture Nutrition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA-FILHO, A. **Nutrição Animal**. Vol. 1, Ed. Universidade do Paraná-PR, Nobel. 1982, 395p.
- ARNDT, R.E.; HARDY, R.W.; SUGIURA, S.H.; DONG, F.M. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defeated flour in feeds for Coho Salmon *Oncorhynchus kisutch*. **Aquaculture**. v. 180, p. 129-145, 1999.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 13, p. 265-272, 1978.
- AZEVEDO, P.A.; LEESON, S.; CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects. **Aquaculture**. v. 234, p. 393-414, 2004.
- BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. **Aquaculture**. v. 34, p. 203-212, 1983.
- BOMFIM, M.A.D.; LANA, E.A.T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**. v. 1, n. 1, p.20-30, 2004.
- BOWEN, S.H. Chromic aid in assimilation studies – a caution. *Transactions of the American Fisheries Society*, Bethesda, 107(5): 655-756, 1978.
- BRAUGE, C.; CORRAZE, G.; MÉDALE, F. Effects of dietary levels of lipid and carbohydrate of growth performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels in rainbow trout reared at 8 or 18 °C. **Reproduction Nutrition Development**. v. 35, p. 277-290, 1995.
- BUDDINGTON, R.K. Hydrolysis-resistant organic matter as a reference for measurement of fish digestive efficiency. **Transactions of the American Fisheries Society**. Bethesda, v. 109, p. 653-656, 1980.

- BUREAU, D.P.; KAUSHIK, S.J.; CHO, C.Y. Bioenergetics. In: In: Halver, J.E. & Hardy, R.W. Eds. **Fish Nutrition**, Third edition, Elsevier Science (USA), p.368-453, 2002.
- CHO, C.Y. La energia en la nutrición de los peces. In: *Nutrición en Acuicultura II*. Ed. J.Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid-España. 197-237. 1987.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E. & TIEWS (Eds). **Finfish nutrition and fishfeed technology, II**, Berlin, Alemanha, 1979, p.239-247.
- COELHO DA SILVA, J.F.C.; CAMPOS, J.; CONRAD, J.H. Uso do óxido crômico na determinação da digestibilidade. **Experientiae**. Viçosa, v. 8, n. 1, p. 1-23, 1968.
- De la NOUE, J.; CHOUBERT, G.; PAGNIEZ, B.; BLANC J.M.; LUQUET, P. Digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) lors de l'adaptation à nouveau régime alimentaire. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. Ottawa, v. 37, p. 2218-2224, 1980.
- De SILVA, S.S.; SHIM, .F.; ONG, A.K. Evaluation of the method used in digestibility estimations of a dietary ingredient and comparisons on external markers, and time of faeces collection in digestibility studies in the fish *Oreochromis aureus*. **Reproductions, Nutrition, Development**. Paris, v. 30, p. 215-226, 1980.
- FERRARIS, R.P.; CATAUTAN, M.R.; MABELIN, R.L.; JAZUL, A.P. Digestibility in milkfish (*Chanos chanos*): Effects of protein source, fish size and salinity. **Aquaculture**. v. 59, p. 93-105, 1986.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternative fish feed ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**. v. 199, p. 197-227, 2001.
- HAJEN, W.E.; BEAMES, R.M.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. **Aquaculture**. v. 112, p. 321-332, 1993.
- HENKEN, A.M.; KLEINGELD, D.W.; TIJSSSEN, 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. 1-11, 1985.
- HEPHER, B. *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge University Press, New York, 388p. 1988.

- HIGUERA, M. de la. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J.A.E. de los, LABARTA, M. (ed.). *Nutrición en Acuicultura II*. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p.291-318.
- INABA, D.; OGINO, C.; TAKAMATSU, C.; SUGANO, S.; HATA, H. Digestibility of dietary components in fishes. 1 – Digestibility of dietary proteins and starch in rainbow trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. Hakodate, v. 28, n. 3, p. 367-371, 1962.
- KANE, E.A.; JACOBSON, W.C.; DAMEWOOD, P.M.Jr. Use of radioactive chromium oxide in digestibility determinations. **Journal of Dairy Science**. v. 42, n. 8, p. 1359-1366, 1959.
- KITAMIKADO, M.; MORISHIDA, T.; TACHIO, S. Digestibility of dietary protein in rainbow trout. 2. Effect of starch and oil contents in diets, and size of fish. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. Hakodate, v. 30, p. 50-54, 1964.
- KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series B. Livestock Feed and Feeding*, Aberdeen, 43(3): 813-845, 1972.
- KUMAR, S.; SAHU, N.P.; PAL, A.K.; CHOUDHURY, D.; MUKHERJEE, S.C. Studies on digestibility and digestive enzyme activities in *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles: effect of microbial α -amylase supplementation in non-gelatinized or gelatinized corn-based diets at two protein levels. **Fish Physiology Biochemistry**. v. 32, p. 209-220, 2006.
- LAW, A.T. Nutritional study of jelewat (*Leptobarbus hoevenii*), fed on pelleted feed. **Aquaculture**. v. 41, p. 227-233, 1984.
- LIED, E.; JULSHAMN, K.; BRAEKKAN, O.R. Determination of protein digestibility in Atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. Ottawa, v. 39, p. 854-861, 1982.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLY, J.K. *Nutrição Animal*. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1966. 550p.
- NG, W.K.; WEE, L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**. v. 83, p. 45-58, 1989.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 115p.

- OLSEN, R.E.; RINGO, E. The influence of temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. **Aquaculture Research**. v. 29, p. 695–701, 1998.
- QUINTERO-PINTO, L.G. **Exigência dietária e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu, SP. 2008, p. 85 (Doutorado em Zootecnia) – Universidade estadual Paulista, 2008.
- RINGO, E. The effect of chromic oxide (Cr_2O_3) on fecal lipid and intestinal microflora of sea water-reared Arctic charr (*Salvinus alpinus*). **Aquaculture and Fisheries Managenet**. Oxford, v. 24, p. 31-344, 1993.
- RODRIGUES, A.M.P. Uso do óxido crômico, fibras, polietileno e cinzas insolúveis em ácido como marcadores na avaliação dos coeficientes de digestibilidade aparente em truta arco-íris (*Salmo gairdneri*). In: JORNADAS SOBRE NUTRIÇÃO EM AQUICULTURA, 1985, Lisboa. Publicações anexas... Lisboa: Instituto Nacional de Investigações das Pescas. 1985, p.63-72.
- SALLUM, W.B. Óxido de cromo III como indicador externo em ensaios metabólicos para o matrinxã (*Brycon cephalus*). Lavras: UFLa, 2000. 116p. Tese (Doutorado). 2000.
- SATOH, S.; TAKANEZAWA, M.; AKIMOTO, A.; KIRON, V.; WATANABE, T. Changes of phosphorous absorption for several feed ingredients in rainbow trout during growing stages and effect of extrusion of soybean meal. **Fisheries science**. v. 68, p. 325-331, 2002.
- SHAHAT, T.M. Digetibility determination in catfish fingerling using internal and external markers. **Veterinary Medical Journal Giza**. Cairo, v. 41, n. 3, p. 83-91, 1993.
- SMITH, R.R. 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in salmonid diets. Salmonid. v. 1, p. 8-18. In: DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal feed science and technology**. v. 138, p. 118-136, 2007.
- SMITH, R.R.; WINFREE, R.A.; RUMSAY, G.W.; ALLRED, A.; PETERSON, M. Apparent Digestion Coefficients and Metabolizable Energy of Feed Ingredients for Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.26, p. 432-437, 1995.

- STOREBAKKEN, T.; AUSTRENG, E. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. **Aquaculture**. v. 60, n. 2, p. 121-131, 1987.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; REFSTIE, S.; LAGOCKI, S.; McCOOL, J. Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout. **Aquaculture**. v. 163, p. 347-359, 1998.
- TACON, A.G.J.; RODRIGUES, A.M.P. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 43, p. 391-399, 1984.
- TAKEUCHI, T.T.; HERNÁNDEZ, M.; WATANABE, T. Nutritive value of gelatinized corn meal and carbohydrate source to glass carp and hybrid tilapia. **Fisheries Science**. v. 65, n. 5, p. 573-577, 1994.
- THE MERK INDEX. An incyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. 12ed. Whitehouse Station, NJ: Merk, 1966. 1741 p.
- TORRISSEN, K.R. 1984. Characterization of proteases in the digestive tract of Atlantic salmon *Salmo salar* in comparison with rainbow trout *Salmo gairdneri*. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 77B, p. 669-674, 1984.
- VANDERBERG, G.W.; LA NOUE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of feces collection and three digestibility markers. **Aquaculture nutrition**. v. 7, p. 237-245, 2001.
- WINDELL, J.T.; FOLTZ, J.W.; SAROKON, J.A. Effect of fish size, temperature, and amount digestibility of a pelletet diet by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Transactions of the American Fisheries Society**. Bathesda, v. 107, n. 4, p. 613-616, 1978.

Capítulo - II

Digestibilidade aparente de ingredientes energéticos por alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 0,6 e 3,76 gramas

Resumo - A formulação de ração específica para as fases iniciais de desenvolvimento dos peixes só pode ser obtida pelo conhecimento do valor nutritivo dos alimentos que a compõem e estes dependem de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingerí-los e absorvê-los. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta de alguns ingredientes energéticos foram avaliados para alevinos de tilápia do Nilo com pesos iniciais de 0,60; 1,14 e 2,37 g. Os ingredientes estudados foram: milho, quirera de arroz, sorgo e farelo de trigo. O óxido de cromo-III foi utilizado como marcador externo e a coleta de fezes foi feita pelo método de Guelph modificado. Os melhores resultados de digestibilidade aparente foram obtidos pelo milho e quirera de arroz para os três tamanhos de alevinos, sendo que o sorgo se igualou a estes dois ingredientes quando ofertado aos alevinos de tamanho intermediário. O farelo de trigo apresentou os piores CDA para a matéria seca e energia bruta. Conclui-se o milho e a quirera de arroz são excelentes ingredientes energéticos para rações de alevinos de tilápia do Nilo.

Palavras-chave: pós-larvas, valor nutritivo, balanceamento de rações, alimento energético.

Apparent digestibility of dietary energetic ingredients by Nile tilapia post larvae (*Oreochromis niloticus*)

Abstract - Formulation of a specific diet for fish in initial development stage can only be made after knowing the nutritional values of feedstuffs which depends on nutrient contents and the fish capacity to digest and absorb it. The apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein and crude energy of energetic ingredients were evaluated to Nile tilapia post larvae with initial body weights of 0.60; 1.14 e 2.37 g. The evaluated ingredients were: corn, rice, sorghum and wheat bran. Chromic oxide was the external digestibility marker and feces collection followed modified Guelph method. Corn and rice showed the best ADCs for the three fish size. However, sorghum had equivalent ADCs when intermediate fish size were fed. Wheat bran showed the worse ADCs for dry matter and crude energy. Nile tilapia post larvae are capable of using energy and protein from corn and rice, thus they can be considered excellent energetic feed ingredients.

Key words: Post larvae, nutritive value, diet formulation, energetic ingredient.

Introdução

As tilápias são o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo, atrás somente das carpas (FAO, 2007). A produção brasileira de tilapias em 2004 foi de 69.000 toneladas elevando o país ao patamar de sétimo maior produtor mundial (FAO, 2006). Dentre as espécies cultivadas, a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) é a mais utilizada por apresentar características desejáveis como alta taxa de crescimento, rusticidade ao manejo, tolerância à variações ambientais (como temperatura, salinidade, baixas concentrações de oxigênio dissolvido), reprodução em cativeiro e aceitação de alimentos secos logo após a absorção do saco vitelínico, entre outras.

A produção de alevinos permanece sendo o maior entrave para o crescimento do cultivo da tilápia (El Sayed, 2006; Green, 2006). Isto ocorre, principalmente, devido à baixa produção de ovos por fêmeas, falta de sincronia entre as desovas (Bhujel, 2000) e, no Brasil, à alta taxa de mortalidade das pós-larvas e alevinos decorrente de seu inadequado manejo e nutrição.

A formulação de ração específica para as fases iniciais de desenvolvimento dos peixes só pode ser obtida pelo conhecimento dos valores nutritivos dos alimentos que a compõem e estes dependem de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingerí-los e absorvê-los (Higuera, 1987).

Segundo Cho (1987), a determinação da digestibilidade dos nutrientes da matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa dieta para peixes, podendo variar de acordo com a espécie estudada (Andrigueto et al., 1982), fatores dependentes do meio ambiente, estado de saúde dos peixes, práticas alimentares (Sullivan e Reigh, 1995) e peso e comprimento dos peixes (Inaba et al., 1962; Kitamikado et al., 1964; Law, 1984; Ferraris et al., 1986).

Existem diversos estudos determinando a digestibilidade dos ingredientes mais utilizados na formulação de rações, assim como para ingredientes alternativos ou subprodutos agrícolas, por juvenis e adultos de tilápia do Nilo (Furuya et al., 2001a; Pezzato et al., 2002; Pezzato et al., 2004a; Sklan et al., 2004; Kopraku e Ozdemir, 2005). Entretanto, não existe informação a respeito dos valores digestíveis dos nutrientes e energia para alevinos de tilápia do Nilo. Desta maneira, esta pesquisa teve por objetivo determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia do fubá de milho, quirera de arroz, farelo de trigo e sorgo em três tamanhos de alevinos de tilápia do Nilo.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho - Campus de Botucatu, São Paulo, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (AquaNutri).

Foram determinados para três tamanhos de alevinos (0,60 a 1,04g; 1,14 a 1,44g e 2,37 a 3,76g) os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e da energia bruta contidos nos ingredientes energéticos: fubá de milho, quirera de arroz, farelo de trigo e sorgo. A composição químico-bromatológica e os valores energéticos dos ingredientes estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica e energia bruta do milho, quirera de arroz, farelo de trigo e sorgo. (Valores em matéria natural)

Valor nutricional	Fubá de milho	Quirera de arroz	Farelo de trigo	Sorgo
Matéria seca ⁽¹⁾ , %	87,95	85,21	86,67	92,29
Proteína bruta ⁽¹⁾ , %	6,91	8,17	11,32	9,07
Energia bruta ⁽¹⁾ , kcal kg ⁻¹	3808	3714	3842	4088

⁽¹⁾ Valores obtidos por análise no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Foram confeccionadas cinco dietas práticas, sendo uma dieta referência com base protéica em farinha de peixe e energética em quirera de arroz e, a partir dela, outras quatro dietas teste foram obtidas com a substituição de 50% da dieta referência pelo ingrediente avaliado. O óxido de crômio-III (Cr₂O₃) foi utilizado como marcador externo (Bremer Neto et al., 2005) na concentração de 0,1% da ração (Tabela 2).

Todos os ingredientes foram moídos de forma a se apresentarem com diâmetro inferior a 100µm. As misturas foram manualmente homogeneizadas e a água adicionada (10,0 a 15,0% do peso natural) em misturador automático (*Ação Científica*). As dietas teste foram obtidas pelo processo de extrusão das misturas (*Extrutech*) obtendo-se péletes de 5,0mm de diâmetro. Após resfriamento, as rações foram secas em estufa com recirculação forçada de ar a 55,0°C durante 12 horas.

Tabela 2. Composição percentual e nutricional da ração referência. (Valores em matéria natural)

Ingrediente	(%)
Farinha de peixe	64,49
Quirera de arroz	30,00
α - Celulose	5,00
Sal comum (NaCl)	0,10
Vitamina C (35%)	0,04
Suplemento mineral e vitamínico ⁽¹⁾	0,25
BHT (antioxidante)	0,02
Óxido de crômio-III (Cr ₂ O ₃)	0,10
Total	100,00
Valor nutricional	(%)
Matéria seca ⁽²⁾	94,77
Proteína bruta ⁽²⁾	47,40
Energia bruta ⁽²⁾ , kcal kg ⁻¹	4460
Cálcio ⁽²⁾	2,63
Fósforo total ⁽²⁾	1,59

⁽¹⁾ Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por kg de dieta: vitamina A, 16060 UI; vitamina D₃, 4510 UI; vitamina E, 250 UI; vitamina K, 30 mg; vitamina B₁, 32 mg; vitamina B₂, 32 mg; pantotenato de cálcio, 80 mg; niacina, 170 mg; biotina, 10 mg; ácido fólico, 10 mg; vitamina B₁₂, 32 µg; vitamina B₆, 32 mg; Na₂SeO₃, 0,7 mg; MnO, 50 mg; ZnO, 150 mg; FeSO₄, 150 mg; CuSO₄, 20 mg; CoSO₄, 0,5 mg; I₂Ca, 1 mg.

⁽²⁾ Valores obtidos por análise no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Os péletes extrusados foram fracionados em moinho de discos e classificados em peneiras para se obter grânulos com diâmetros próprios para os peixes em estudo. Para alevinos de menor tamanho foi utilizada a ração contida entre as malhas *mesh* 24 e 16 (0,71 a 1,00 mm); para peixes de tamanho intermediário foram utilizadas as peneiras de malha *mesh* 16 e 10 (1,00 a 1,70 mm) e para o maior tamanho, peneiras com malhas *mesh* 10 e 9 (1,70 a 2,00 mm).

Utilizaram-se cinco aquários cilíndricos, com capacidade para 250 litros cada, para alimentação dos peixes e cinco aquários para a coleta das fezes, que diferiam dos primeiros apenas por apresentar fundo cônico, auxiliando na decantação das fezes. Todos os aquários eram dotados de biofiltro para manutenção da qualidade da água, aeração individual oriunda de soprador externo e sistema de aquecimento da água controlado por termostato digital.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado semanalmente por meio de peagômetro e oxímetro digitais. A temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido da água dos aquários experimentais mantiveram-se constantes e seus respectivos valores médios foram de: $26,5 \pm 1,1$ °C; $7,2 \pm 0,6$ e $6,5 \pm 0,8$ mg/L. Estes valores apresentam-se dentro da faixa recomendada por Boyd e Tucker (1998).

Utilizou-se machos de tilápia do Nilo com pesos médios iniciais de 0,60 g; 1,14 g e 2,37 g, que foram distribuídos em uma densidade de 500, 350 e 200 indivíduos/aquário, respectivamente, e mantidos em gaiolas de polietileno (200 L), com malha de 5,0 mm, o que facilitava sua transferência dos aquários de alimentação para os de coleta de fezes.

As dietas teste foram fornecidas previamente aos peixes durante quatro dias para adaptação nos horários (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00). Após este período, foram iniciadas as coletas de fezes e foi implementado regime especial de alimentação no qual a ração era ofertada de hora em hora no período da tarde até a saciedade aparente totalizando seis alimentações diárias. Os peixes eram transferidos aos aquários de coleta de fezes ao final da tarde, 18h00, onde permaneciam até a manhã seguinte, 08h00, sendo retornados aos respectivos aquários de alimentação. Foram realizadas três coletas, totalizando três repetições, em dias intercalados afim de evitar estresse excessivo aos peixes. Esse manejo, onde os peixes se alimentam num sistema independente do utilizado para a coleta de fezes, conforme metodologia

proposta por Pezzato et al. (2004b), evita a contaminação do material colhido com sua respectiva ração.

Diariamente, foi realizada a limpeza dos aquários 30 minutos após a última alimentação por meio de sifonagem. O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz e 12 horas de escuro, com a iluminação mantida por lâmpadas fluorescentes.

Após a coleta, as fezes foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55,0°C durante 24 horas e moídas em micro moinho de facas com peneira *Mesh* 30 (0,59 mm). As escamas foram retiradas com o auxílio de pinça antes de armazenar as amostras de fezes a -20°C para posteriores análises químico-bromatológicas. Foi obtido material representativo para três repetições por tratamento.

As análises químico-bromatológicas dos alimentos, rações e fezes e a concentração de óxido de crômio-III das rações e das fezes, foram realizada no Laboratório de Bromatologia da Unesp-FMVZ, segundo padrões da AOAC (2000). A determinação da concentração de óxido de crômio-III foi realizada segundo metodologia proposta por Bremer Neto et al. (2005). O teor de matéria seca (MS) foi calculado utilizando-se a estufa de 105°C por 24 horas, a proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$) e a análise de energia foi realizada em bomba calorimétrica (*Parr Instrument, Moline-IL*).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia das rações foi calculado com base nas concentrações de óxido de crômio-III, dos nutrientes e da energia nas rações e nas fezes, de acordo com a fórmula proposta por Cho e Slinger (1979), a saber:

$$CDA_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

Sendo:

$CDA_{(n)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou energia da ração;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de crômio-III na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de crômio-III nas fezes;

N_r = Nutrientes ou energia na ração;

N_f = Nutriente ou energia nas fezes.

O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia dos ingredientes foi calculado de acordo com a fórmula descrita por Cho e Slinger (1979):

$$CDA_{(n)} = \frac{CDA_{RT} - CDA_{RR} \cdot x}{y}$$

Sendo:

$CDA_{(n)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia do ingrediente;

CDA_{RT} = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia na ração teste;

CDA_{RR} = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia na ração referência;

x = Proporção da ração referência;

y = Proporção do ingrediente teste.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos ingredientes, em cada classe de tamanho, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo, ao teste de comparações múltiplas de médias de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software SISVAR.

Resultados

Os valores médios e desvios-padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) dos ingredientes, e seus valores de energia digestível (ED), para as três classes de peso dos peixes estão apresentadas na Tabela 3.

Para os peixes de menor tamanho (0,60 a 1,04 g), o milho e a quirera de arroz apresentaram CDA semelhantes para a MS e EB ($p < 0,05$), entretanto o CDA da PB do milho foi superior ao dos demais ingredientes. O sorgo apresentou CDA intermediários dentre os ingredientes estudados e o farelo de trigo os menores valores médios, com exceção ao CDA da PB que foi equivalente ao do sorgo e da quirera de arroz.

Para os peixes de tamanho intermediário (1,14 a 1,44 g), não houve diferença significativa nos CDA da MS, PB e EB entre os ingredientes fubá de milho, quirera de arroz e trigo, entretanto, o farelo de trigo apresentou os menores valores para MS e EB. O sorgo apresentou o maior valor numérico de ED, seguido do milho e quirera de arroz.

Os peixes de maior tamanho (2,37 a 3,76g) demonstraram padrão de valores de CDA para a MS e EB semelhantes aos de menor tamanho. A quirera de arroz e o milho apresentaram os maiores valores e o farelo de trigo os menores valores para o CDA da MS e EB. A quirera de arroz apresentou o maior valor de ED, seguido do milho, sorgo e farelo de trigo. Não houve diferença entre os CDA da PB para os ingredientes avaliados.

Tabela 3. Valores de coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do milho, quirera de arroz, sorgo e farelo de trigo para os três tamanhos de alevinos (Valores com base em 100 % de MS).

CDA	Alimento			
	Fubá de milho	Quirera de arroz	Sorgo	Farelo de trigo
Peso dos alevinos = 0,60 a 1,04g				
MS (%)	82,17 ab (±0,89)	85,09 a (±4,51)	73,59 b (±0,59)	44,22 c (±6,49)
PB (%)	94,79 a (±2,99)	74,45 b (±6,23)	74,27 b (±0,67)	83,42 b (±4,99)
PD (%)	6,55	6,08	6,74	9,44
EB (%)	83,29 a (±0,74)	85,08 a (±2,32)	73,75 b (±1,14)	50,28 c (±5,59)
ED (kcal kg ⁻¹)	3.172	3.160	3.015	1.932
Peso dos alevinos = 1,14 a 1,44g				
MS (%)	93,00 a (±2,10)	92,40 a (±3,61)	87,80 a (±5,19)	32,25 b (±9,50)
PB (%)	87,00 a (±1,90)	82,80 ab (±2,94)	86,60 ab (±3,68)	81,25 b (±3,80)
PD (%)	6,01	6,76	7,85	9,20
EB (%)	90,60 a (±1,80)	91,00 a (±3,38)	85,80 a (±4,37)	37,75 b (±8,99)
ED (kcal kg ⁻¹)	3.450	3.380	3.508	1.450
Peso dos alevinos = 2,37 a 3,76g				
MS (%)	87,75 a (±3,34)	94,25 a (±4,96)	77,25 b (±4,25)	24,25 c (±5,29)
PB (%)	83,25 (±0,72)	83,75 (±2,04)	80,00 (±2,20)	81,50 (±2,42)
PD (%)	5,75	6,84	7,26	9,23
EB (%)	86,75 a (±0,92)	91,75 a (±2,69)	76,50 b (±3,95)	39,25 c (±4,86)
ED (kcal kg ⁻¹)	3.303	3.408	3.127	1.508

Médias na linha seguidas de letras diferentes diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Discussão

Peixes com peso entre 0,60 a 1,04 g

Os maiores valores de CDA da MS e da EB foram, em ordem decrescente, da quirera de arroz, milho, sorgo e farelo de trigo. Guimarães (2006) trabalhando com tilápias do Nilo com 150,0 gramas também encontrou melhores CDA dessas variáveis para a quirera de arroz (96,45 e 95,34%) e piores para o farelo de trigo (45,88 e 48,94%), porém o sorgo (87,29 e 82,37%) apresentou melhores resultados que o milho (82,21 e 67,34%).

O CDA da MS e EB do farelo de trigo ($44,22 \pm 6,49\%$ e $50,28 \pm 5,59\%$ respectivamente) foi inferior à obtida por Furuya et al. (2001a) que trabalharam com peixes de 25,24 gramas (67,33 e 70,33%); por Boscolo et al. (2002) em peixes de 37,61 gramas (66,79 e 68,81%) e por Pezzato et al. (2002) com peixes de 100,00 gramas (66,05 e 78,00%). De acordo com Furuya et al. (2001a) e Boscolo et al. (2002), os baixos valores de digestibilidade da MS e EB obtidos para o farelo de trigo estão relacionados aos elevados conteúdos de fibra bruta e polissacarídeos não amiláceos (PNA`s). A fibra bruta reduz o tempo de trânsito da digesta e o contato entre as enzimas e os substratos, enquanto que os compostos arabinoxilans, que representam 36% dos PNA`s (Mães et al., 2004), são responsáveis por promover o aumento da viscosidade intestinal, fatores que atuam negativamente na digestibilidade dos constituintes do alimento.

O milho apresentou o maior CDA para a proteína bruta dentre os ingredientes estudados, fato também observado por Guimarães (2006). Os CDA da proteína do milho, quirera de arroz, sorgo e farelo de trigo obtidos neste experimento foram superiores aos determinados por Gonçalves e Carneiro (2003) para juvenis de *Pseudoplatystoma coruscans* (64,18; 43,23; 44,87 e 49,47%, respectivamente). A melhor digestibilidade apresentada pela tilápia à proteína destes ingredientes deve-se ao fato desta espécie apresentar hábito alimentar onívoro, alimentando-se principalmente de alimentos de origem vegetal e detritos (Rust, 2002).

Peixes com peso entre 1,14 a 1,44 g

Os CDA da EB do milho, quirera de arroz e sorgo foram semelhantes entre si e superiores ao do farelo de trigo, apresentando valores de ED de 3450, 3380, 3508 e 1450 kcal kg⁻¹, respectivamente. O maior valor numérico de ED apresentado pelo sorgo deve-se ao alto valor de EB determinado para este ingrediente no presente trabalho, sendo superior à EB do milho e quirera de arroz, contrariando os valores apresentados por Rostagno et al. (2005).

Os alevinos de tilápia do Nilo demonstraram-se capazes de aproveitar bem a EB do milho, quirera de arroz e sorgo como mostram seus CDA (90,60; 91,00 e 85,80%), valores estes superiores ao encontrados por Laining et al. (2003), trabalhando com *Cromileptes altivelis* para a quirera de arroz (44,3%), e por Sullivan e Reigh (1995) pelo "striped bass" híbrido para o milho e quirera de arroz (40,67 e 47,01% respectivamente). Esta diferença na capacidade de aproveitamento da EB ocorre devido a diferenças na quantidade e tipo de carboidratos encontradas entre as espécies (Chan e Horn, 1999). Wee e Ng (1986) ressaltaram que o milho, arroz, sorgo e a cassava como boas fontes de carboidratos para a tilápia do Nilo. De acordo com El-sayed e Garling (1988), a *Tilapia zillii* pode utilizar eficientemente os carboidratos e lipídeos como fontes de energia.

Os coeficientes de digestibilidade da EB e da MS do farelo de trigo foram similares numericamente aos obtidos com os alevinos de 0,6 a 1,04 gramas e como discutido anteriormente, as altas concentrações de fibra bruta e de polissacarídeos não amiláceos presentes neste ingrediente, podem ter influenciado negativamente sua digestibilidade pelos peixes.

O CDA da PB do milho foi superior ao do farelo de trigo, seguindo o padrão obtido para os peixes de menor tamanho. Os valores dos coeficientes de digestibilidade da quirera de arroz e do sorgo não diferiram entre si e dos outros ingredientes estudados. Os valores de digestibilidade da proteína dos ingredientes foram elevados e estão de acordo com os encontrados por Furuya et al. (2001b) para o milho e farelo de trigo (87,12 e 78,21%, respectivamente) e por Sklan et al. (2004) para o milho, sorgo e farelo de trigo (75,1; 85,5 e 83,6%, respectivamente) trabalhando com híbridos de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* de 100 – 150g.

Peixes com peso entre 2,37 a 3,76 g

A quirera de arroz e o milho apresentaram melhores CDA da EB e maiores valores de ED (91,75% e 3408 kcal kg⁻¹, 86,75% e 3303 kcal kg⁻¹, respectivamente), seguidos do sorgo (76,50% e 3127 kcal kg⁻¹) e do farelo de trigo (39,25% e 1508 kcal kg⁻¹). Estes resultados inferiores obtidos para o sorgo e farelo de trigo podem ser explicados pela maior concentração de fibra bruta (Tabela 1) e pelos polissacarídeos não amiláceos presentes em altas concentrações no farelo de trigo (Araujo, 2005), fatores que também reduziram a digestibilidade da MS.

Os CDA da EB do milho e sorgo obtidos neste experimento foram semelhantes aos obtidos por outros autores que trabalharam com peixes maiores (Furuya et al., 2001a; Boscolo et al., 2002 e Pezzato et al., 2002), porém estes autores observaram melhor digestibilidade aparente da EB para o farelo de trigo. Isto demonstra que indivíduos maiores de tilápia do Nilo possuem melhor eficiência digestória, podendo ser decorrente da maior produção de enzimas digestivas e/ou de microbiota intestinal melhor estruturada, conseguindo minimizar a ação dos fatores antinutricionais presentes no farelo de trigo.

Não houve diferença estatística entre os CDA da PB dos ingredientes. Furuya et al. (2001b) encontraram valores similares de digestibilidade aparente para o milho e farelo de trigo por peixes de 25g, entretanto, estes resultados foram superiores aos encontrados por Guimarães (2006) trabalhando com peixes de 150g.

Conclusões

A quirera de arroz e o fubá de milho se apresentam como ingredientes adequados como fontes de energia em rações para alevinos de tilápias do Nilo com peso até 3,76 gramas.

O sorgo pode ser utilizado como eventual ingrediente energético em rações para alevinos de tilápias do Nilo com peso até 3,76 gramas, embora se apresente inferior ao fubá de milho e à quirera de arroz.

O farelo de trigo apresentou limites de utilização como ingrediente energético em rações para alevinos de tilápia do Nilo com peso até 3,76 gramas.

Referências Bibliográficas

- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA-FILHO, A. *Nutrição Animal*. Vol. 1, Ed. Universidade do Paraná-PR, Nobel. 1982, 395p.
- ARAUJO, D.M. **Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangas e poedeiras**. Areia, PB. 2005, p.81 (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International Ed. Maryland, USA, 2000, 2200p.
- BHUJEL, R.C. A review of strategies for the management of Nile tilapia broodfish in seed production systems, specially hapa-based systems. **Aquaculture**. v. 181, p. 37-59, 2000.
- 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.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture quality management**. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 1998, 685p.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**. Manta Maria, v. 35, n. 3, p. 691-697, 2005.
- CHAN, A.S.; HORN, M.H. In: *Fish feeding ecology and digestion: Gutshop`98*. p.123, 1999.
- CHO, C.Y. La energia en la nutrición de los peces. In: *Nutrición en Acuicultura II*. Ed. J.Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid-España. 197-237. 1987.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E. & TIEWS (Eds). **Finfish nutrition and fishfeed technology, II**, Berlin, Alemanha, 1979, p.239-247.
- EL-SAYED, A.F.M.; GARLING JR, D.L. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. **Aquaculture**. v.73, p.157-163, 1988.

- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia Culture**. CABI Publishing, Cambridge: Cambridge University, p. 277, 2006.
- FAO. Food and Agricultural Organization. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Rome: FAO, p.176, 2007.
- FAO. Food and Agricultural Organization. State of World Aquaculture 2006. Rome: FAO, p.134, 2006.
- FERRARIS, R.P.; CATACUTAN, M.R.; MABELIN, R.L.; JAZUL, A.P. Digestibility in milkfish (*Chanos chanos*): Effects of protein source, fish size and salinity. **Aquaculture**. v. 59, p. 93-105, 1986.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001a.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001b.
- GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 4, p. 779-786, 2003.
- GREEN, W.B. Fingerling Production Systems. In: **Lin, C. & Webster, C.D. (Eds) Tilapia: Biology, Culture and Nutrition**. Food Products Press, Binghamton, p. 181-210, 2006.
- GUIMARÃES, I.G. **Digestibilidade aparente, pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), de alimentos extrusados**. Botucatu, SP. 2006, p.65 (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2006.
- HIGUERA, M. de la. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J.A.E. de los, LABARTA, M. (ed.). Nutrición en Acuicultura II. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p.291-318.
- INABA, D.; OGINO, C.; TAKAMATSU, C.; SUGANO, S; HATA, H. Digestibility of dietary components in fishes. 1 – Digestibility of dietary proteins and starch in rainbow

- trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. Hakodate, v. 28, n. 3, p. 367-371, 1962.
- KITAMIKADO, M.; MORISHIDA, T.; TACHIO, S. Digestibility of dietary protein in rainbow trout. 2. Effect of starch and oil contents in diets, and size of fish. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. Hakodate, v. 30, p. 50-54, 1964.
- KOPRUCU, K; OZDEMIR, Y. Apparent digestibility of feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**. v. 250, p. 308-316, 2005.
- LAINING,A.; RACHMANSYAH; AHMAD,T.; WILLIANS, K. Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. **Aquaculture**. v. 218, p. 529-538, 2003.
- LAW, A.T. Nutritional study of jelewat (*Leptobarbus hoevenii*), fed on pelleted fed. **Aquaculture**. v. 41, p. 227-233, 1984.
- MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J.A. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**. v. 39, p. 181-186, 2004.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; BARROS, M.M.; QUINTERO-PINTO, L.G.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M.; QUINTERO-PINTO, L.G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**. v. 26, n. 3, p. 329-337, 2004a.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.; CYRINO, J.E.P. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P. et al. **Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo: Aquabil, v.1, p.75-170, 2004b.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. UFV. Viçosa, 2005, p.186.
- RUST, M. B. Nutritional physiology. In: Halver, J.E. & Hardy, R.W. Eds. **Fish Nutrition**, Third edition, Elsevier Science (USA), p.368-453, 2002.

- SKLAN, D.; PRAG, T.; LUPATSCH, I. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). **Aquaculture Research**. v. 35, p. 358-364, 2004.
- SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*). **Aquaculture**. v. 138, p. 313 - 322, 1995.
- WEE, K.L.; NG, L.T. Use of cassava as na energy source in a pelleted feed for the tilápia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture and fisheries management**. v. 17, p.129-138,1986.

Capítulo - III

Digestibilidade aparente de ingredientes protéicos por alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 0,6 e 3,76 gramas

Resumo – Objetivando diminuir o custo das rações e a dependência da farinha de peixe, alguns ingredientes têm sido avaliados como sucedâneos protéicos pela indústria de alimentos para animais. Além disso, as rações devem ser balanceadas para atender as necessidades nutricionais dos peixes em suas diferentes fases de vida. Entretanto, não existem informações dos valores digestíveis de alimentos para os primeiros estágios de desenvolvimento da tilápia do Nilo. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta da farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão foram avaliados por alevinos de tilápia do Nilo com pesos iniciais de 0,60; 1,14 e 2,37g. O óxido de cromo-III foi utilizado como marcador externo e a coleta de fezes foi feita pelo método de Guelph modificado. O farelo de soja apresentou os melhores CDA para os três tamanhos de alevinos estudados seguido da farinha de vísceras e da farinha de peixe. O farelo de algodão apresentou os piores resultados de CDA para a MS, PB e EB. Concluiu-se que o farelo de soja e a farinha de vísceras podem substituir a farinha de peixe em dietas para alevinos de tilápia do Nilo.

Palavras-chave: farelo de algodão, farelo de soja, farinha de peixe e farinha de vísceras

**Apparent digestibility of dietary protein sources by Nile tilapia post larvae
(*Oreochromis niloticus*)**

Abstract - Alternative protein feedstuffs to fishmeal have been studied to obtain cost effective diets. There is no information about digestible values of feedstuffs for Nile tilapia at its early stages. Apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein and gross energy of fishmeal, poultry by-product meal, soybean meal and cottonseed meal were evaluated for Nile tilapia post larvae with initial body weights of 0.60; 1.14 and 2.37g. Chromic oxide was used as marker and feces collection followed modified Guelph method. Soybean meal showed the best ADCs for the three studied fish size, followed by poultry by-product meal and fishmeal. Cottonseed meal showed the worse ADCs results for dry matter, crude protein and crude energy. Soybean meal and poultry by-product meal can substitute fishmeal on diets for Nile tilapia post larvae.

Key words: fish meal, poultry by-product meal, soybean meal, cottonseed meal

Introdução

Atualmente, os gastos com rações podem representar de 40 a 70% do custo de produção de peixes cultivados (Kubitza, 2000; Abimorad, 2008). Por outro lado, as rações são formuladas com base no mínimo custo e os ingredientes protéicos são os mais onerosos. Somado a isso, as rações comerciais, em geral, possuem altos níveis de proteína bruta variando de 25 a 56%.

A farinha de peixe é um dos principais ingredientes protéicos utilizados em rações para peixes carnívoros e onívoros sendo considerada, erroneamente, essencial pela maioria dos aqüicultores. A produção mundial de farinha de peixe em 2004 foi de 6.351.351 toneladas (FAO, 2007b), tendo o Peru como maior produtor e exportador mundial. A matéria prima deste produto é proveniente da pesca de grandes quantidades de pequenos peixes pelágicos (FAO, 2007b) como a anchoveta peruana, a sardinha e o arenque, e o volume produzido varia de acordo com condições climáticas como ação do *El Niño* ou *La Niña*, o que acaba tornando sua oferta e preço instáveis.

O Brasil por ser um país de elevada produção agrícola e de animais como bovinos (3º maior produtor mundial, FAO, 2007a) suínos (4º maior produtor mundial, ABIPECS, 2009), e aves (3º maior produtor mundial, ABEF, 2009), dispõe de diversos subprodutos para serem utilizados como fontes protéicas em rações para peixes. Estes subprodutos são oriundos de extração de óleos (ex: óleo de soja), fibras (ex: algodão) ou do abate de animais (ex: farinha de vísceras, farinha de penas, farinha de carne e ossos) e apresentam estabilidade de oferta e preço inferior à farinha de peixe importada. O uso de subprodutos agrícolas e animais reduz os desperdícios de matéria-prima, além de ser ação favorável à manutenção da qualidade ambiental ao dar destino nobre a estes resíduos que seriam descartados.

A utilização destes subprodutos em rações depende do conhecimento de suas características químicas e, principalmente, da capacidade do animal de utilizar os nutrientes que os compõem (Higuera, 1987). A digestibilidade descreve a fração do nutriente ou da energia do alimento que não é excretada nas fezes (NRC, 1993) e sua determinação é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar o potencial de inclusão de um ingrediente numa dieta para peixes (Cho, 1987).

Diversos autores têm publicado pesquisas sobre o valor nutritivo dos ingredientes mais utilizados na formulação de rações, assim como para ingredientes alternativos ou subprodutos agrícolas, para juvenis e adultos de tilápia do Nilo (Furuya et al., 2001a; Pezzato et al., 2002; Pezzato et al., 2004a; Sklan et al., 2004; Kopraku e Ozdemir, 2005). Entretanto, não existe informação a respeito dos valores digestíveis dos nutrientes e energia para alevinos de tilápia do Nilo. Desta maneira, esta pesquisa teve por objetivo determinar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta da farinha de vísceras, farinha de peixes, farelo de soja e farelo de algodão por três tamanhos de alevinos de tilápia do Nilo.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho - Campus de Botucatu, São Paulo, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (AquaNutri).

Foram determinados para três tamanhos de alevinos (0,60 a 1,04g; 1,14 a 1,44g e 2,37 a 3,76g) os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e da energia bruta contidos nos ingredientes energéticos: milho, quirera de arroz, farelo de trigo e sorgo. A composição químico-bromatológica e os valores energéticos dos ingredientes estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Composição químico-bromatológica e energia bruta da farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão (Valores em matéria natural).

Valor nutricional	Farinha de peixe	Farinha de vísceras	Farelo de soja	Farelo de algodão
Materia seca ⁽¹⁾ , %	87,71	88,64	87,53	89,44
Proteína bruta ⁽¹⁾ , %	59,18	61,92	45,83	32,39
Energia bruta ⁽¹⁾ , kcal kg ⁻¹	4357	4321	4153	4172
Cálcio ⁽¹⁾ , %	4,70	4,00	0,24	0,23
Fósforo total ⁽¹⁾ , %	2,41	2,66	0,53	0,88

⁽¹⁾ Valores obtidos por análise no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Foram confeccionadas cinco dietas, sendo uma dieta referência (basal) com base protéica em farinha de peixe e energética em quirera de arroz e, a partir dela, outras quatro dietas teste foram obtidas com a substituição de 50% da dieta referência pelo ingrediente avaliado. O óxido de crômio-III (Cr₂O₃) foi utilizado como marcador externo (Bremer Neto et al., 2005) na concentração de 0,1% da ração (Tabela 5).

Todos os ingredientes foram moídos de forma a se apresentarem com diâmetro inferior a 100µm. As misturas foram manualmente homogeneizadas e a água adicionada (10,0 a 15,0% do peso natural) em misturador automático (*Ação Científica*). As dietas teste foram obtidas pelo processo de extrusão das misturas (*Extrutech*) obtendo-se péletes de 5,0mm de diâmetro. Após resfriamento, as rações foram secas em estufa com recirculação forçada de ar a 55,0°C durante 12 horas.

Tabela 5. Composição percentual e nutricional da ração referência. (Valores em matéria natural)

Ingrediente	(%)
Farinha de peixe	64,49
Quirera de arroz	30,00
Celulose	5,00
Sal comum (NaCl)	0,10
Vitamina C (35%)	0,04
Suplemento mineral e vitamínico ⁽¹⁾	0,25
BHT (antioxidante)	0,02
Óxido de crômio-III (Cr ₂ O ₃)	0,10
Total	100,00
Valor nutricional	(%)
Matéria seca ⁽²⁾	94,77
Proteína bruta ⁽²⁾	47,40
Energia bruta ⁽²⁾ , kcal kg ⁻¹	4460
Cálcio ⁽²⁾	2,63
Fósforo total ⁽²⁾	1,59

⁽¹⁾ Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por kg de dieta: vitamina A, 16060 UI; vitamina D₃, 4510 UI; vitamina E, 250 UI; vitamina K, 30 mg; vitamina B₁, 32 mg; vitamina B₂, 32 mg; pantotenato de cálcio, 80 mg; niacina, 170 mg; biotina, 10 mg; ácido fólico, 10 mg; vitamina B₁₂, 32 µg; vitamina B₆, 32 mg; Na₂SeO₃, 0,7 mg; MnO, 50 mg; ZnO, 150 mg; FeSO₄, 150 mg; CuSO₄, 20 mg; CoSO₄, 0,5 mg; I₂Ca, 1 mg.

⁽²⁾ Valores obtidos por análise no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Os péletes extrusados foram fracionados em moinho de discos e classificados em peneiras para se obter grânulos com diâmetros próprios para os peixes em estudo. Para alevinos de menor tamanho foi utilizada a ração contida entre as malhas *mesh* 24 e 16 (0,71 a 1,00 mm); para peixes de tamanho intermediário foram utilizadas as peneiras de malha *mesh* 16 e 10 (1,00 a 1,70 mm) e para o maior tamanho, peneiras com malhas *mesh* 10 e 9 (1,70 a 2,00 mm).

Utilizaram-se cinco aquários cilíndricos, com capacidade para 250 litros cada, para alimentação dos peixes e cinco aquários para a coleta das fezes, que diferiam dos primeiros apenas por apresentar fundo cônico, auxiliando na decantação das fezes. Todos os aquários eram dotados de biofiltro para manutenção da qualidade da água, aeração individual oriunda de soprador externo e sistema de aquecimento da água controlado por termostato digital.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado semanalmente por meio de peagômetro e oxímetro digitais. A temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido da água dos aquários experimentais mantiveram-se constantes e seus respectivos valores médios foram de: $26,5 \pm 1,1$ °C; $7,2 \pm 0,6$ e $6,5 \pm 0,8$ mg/L. Estes valores apresentam-se dentro da faixa recomendada por Boyd e Tucker (1998).

Utilizou-se machos de tilápia do Nilo com pesos médios iniciais de 0,60 g; 1,14 g e 2,37 g, que foram distribuídos em uma densidade de 500, 350 e 200 indivíduos/aquário, respectivamente, e mantidos em gaiolas de polietileno (200 L), com malha de 5,0 mm, o que facilitava sua transferência dos aquários de alimentação para os de coleta de fezes.

As dietas teste foram fornecidas previamente aos peixes durante quatro dias para adaptação nos horários (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00). Após este período, foram iniciadas as coletas de fezes e foi implementado regime especial de alimentação no qual a ração era ofertada de hora em hora no período da tarde até a saciedade aparente totalizando seis alimentações diárias. Os peixes eram transferidos aos aquários de coleta de fezes ao final da tarde, 18h00, onde permaneciam até a manhã seguinte, 08h00, sendo retornados aos respectivos aquários de alimentação. Foram realizadas três coletas, totalizando três repetições, em dias intercalados afim de evitar estresse excessivo aos peixes. Esse manejo, onde os peixes se alimentam num sistema independente do utilizado para a coleta de fezes, conforme metodologia

proposta por Pezzato et al. (2004b), evita a contaminação do material colhido com sua respectiva ração.

Diariamente foi realizada a limpeza dos aquários 30 minutos após a última alimentação por meio de sifonagem. O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz e 12 horas de escuro, com a iluminação mantida por lâmpadas fluorescentes.

Após a coleta, as fezes foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55,0°C durante 24 horas e moídas em micro moinho de facas com peneira *Mesh* 30 (0,59 mm). As escamas foram retiradas com o auxílio de pinça antes de armazenar as amostras de fezes a -20°C para posteriores análises químico-bromatológicas. Foi obtido material representativo para três repetições por tratamento.

As análises químico-bromatológicas dos alimentos, rações e fezes e a concentração de óxido de crômio-III das rações e das fezes, foram realizada no Laboratório de Bromatologia da Unesp-FMVZ, segundo padrões da AOAC (2000). A determinação da concentração de óxido de crômio-III foi realizada segundo metodologia proposta por Bremer Neto et al. (2005). O teor de matéria seca (MS) foi calculado utilizando-se a estufa de 105°C por 24 horas, a proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$) e a análise de energia foi realizada em bomba calorimétrica (*Parr Instrument, Moline-IL*).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia das rações foi calculado com base nas concentrações de óxido de crômio-III, dos nutrientes e da energia nas rações e nas fezes, de acordo com a fórmula proposta por Cho e Slinger (1979), a saber:

$$CDA_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

Sendo:

$CDA_{(n)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou energia da ração;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de crômio-III na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de crômio-III nas fezes;

N_r = Nutrientes ou energia na ração;

N_f = Nutriente ou energia nas fezes.

O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia dos ingredientes foi calculado de acordo com a fórmula descrita por Cho e Slinger (1979):

$$CDA_{(n)} = \frac{CDA_{RT} - CDA_{RR} \cdot x}{y}$$

Sendo:

$CDA_{(n)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia do ingrediente;

CDA_{RT} = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia na ração teste;

CDA_{RR} = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia na ração referência;

x = Proporção da ração referência;

y = Proporção do ingrediente teste.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos ingredientes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo, ao teste de comparações múltiplas de médias de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software SISVAR.

Resultados

Os valores médios e desvios-padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) dos ingredientes, além de seus valores de proteína digestível (PD), para as três classes de peso dos peixes estão apresentadas na Tabela 3.

Os resultados demonstraram que os alevinos de tilápia do Nilo aproveitam diferentemente os nutrientes dos ingredientes em função da faixa de peso avaliada.

Tabela 6. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) da farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão para os três tamanhos de alevinos. (Valores com base em 100% de MS)

CDA	Alimento			
	Farinha de peixe	Farinha de vísceras	Farelo de soja	Farelo de algodão
Peso dos alevinos = 0,60 a 1,04g				
MS (%)	59,33 (±4,94)	66,67 (±3,87)	68,33 (±7,05)	-
PB (%)	79,67 ab (±2,37)	83,67 a (±2,55)	85,67 a (±3,64)	72,00 b (±3,65)
PD (%)	47,15 (±3,79)	51,81 (±4,30)	39,26 (±3,75)	23,32 (±6,70)
EB (%)	73,00 a (±3,79)	80,67 a (±4,30)	75,33 a (±3,75)	11,67 b (±6,70)
ED (kcal kg ⁻¹)	3181	3486	3128	487
Peso dos alevinos = 1,14 a 1,44g				
MS (%)	66,00 a (±4,93)	70,00 a (±3,93)	71,00 a (±3,26)	29,50 b (±15,58)
PB (%)	82,25 b (±1,96)	85,50 b (±3,33)	91,20 a (±1,62)	77,25 c (±2,85)
PD (%)	48,68 (±4,65)	52,94 (±3,13)	41,80 (±3,46)	25,02 (±15,51)
EB (%)	79,00 a (±4,65)	84,75 a (±3,13)	77,40 a (±3,46)	35,75 b (±15,51)
ED (kcal kg ⁻¹)	3442	3662	3214	1491
Peso dos alevinos = 2,37 a 3,76g				
MS (%)	72,00 (±5,74)	74,25 (±3,65)	74,75 (±2,92)	-
PB (%)	83,25 b (±2,41)	90,25 a (±1,51)	93,25 a (±1,13)	75,67 c (±5,45)
PD (%)	48,82 (±6,21)	55,88 (±2,79)	42,74 (±2,67)	-
EB (%)	82,50 (±6,21)	85,75 (±2,79)	80,00 (±2,67)	-
ED (kcal kg ⁻¹)	3595	3705	3322	-

Médias na linha seguidas de letras diferentes diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Os menores peixes (0,60 a 1,04g) apresentaram CDA semelhante da MS para os ingredientes estudados, exceto para o farelo de algodão, que não foi determinado. A PB do farelo de soja e da farinha de vísceras apresentou-se mais digestível aos peixes em relação à do farelo de algodão. A digestibilidade da EB foi semelhante para a farinha de peixe, farinha de vísceras e para o farelo de soja, e superiores à do farelo de algodão.

Para os peixes de tamanho intermediário (1,14 a 1,44g) o CDA da MS e da EB do farelo de algodão não alcançou metade do valor obtido para os outros ingredientes que foi em torno de 70,0 e 80,0%, respectivamente. Os maiores CDA da PB foram obtidos para o farelo de soja, seguidos pelas farinhas de vísceras e de peixe e o pior valor foi encontrado para o farelo de algodão.

Para os peixes de maior tamanho (2,37 a 3,76g) os CDA da MS e EB foram similares entre os ingredientes avaliados. O farelo de soja e a farinha de vísceras apresentaram melhores CDA da PB em relação à farinha de peixe, que por sua vez foi maior que o do farelo de algodão.

Discussão

Peixes com peso entre 0,60 a 1,04 g

Os CDA da PB do farelo de soja e da farinha de vísceras foram superiores ao do farelo de algodão. A farinha de peixe apresentou valores intermediários de CDA da PB, não diferindo estatisticamente dos outros ingredientes estudados. A menor digestibilidade da PB obtida com o farelo de algodão é, provavelmente, devido a seu elevado conteúdo de fibra bruta (Tabela 1) que, acima da exigência nutricional do animal, reduz o tempo de passagem da digesta (Andrigueto, 1990) e conseqüentemente a sua digestão e absorção.

Outro fator que pode ter influenciado na digestibilidade da proteína é a presença de gossipol livre no farelo de algodão. O gossipol liga-se à lisina, pela reação de Maillard, tornando-a indisponível, portanto, reduzindo o valor nutricional da proteína (Butolo, 2002). De acordo com Hendricks (2002), os atuais processos de produção de farelo de algodão removem, destroem ou complexam de 80 a 99% do

gossipol livre, porém Butolo (2002) relata que o farelo de algodão 30% (utilizado neste experimento) pode conter até 0,12% do gossipol tóxico.

Os resultados de CDA da PB obtidos neste estudo (Tabela 3) são inferiores ao obtidos por outros autores, para a mesma espécie e híbrido de tilápias, que trabalharam com peixes maiores (Furuya et al., 2001b; Sklan et al., 2004 e Guimarães et al., 2008). Porém Pezzato et al. (2002) trabalhando com tilápias do Nilo de 100,0 gramas obtiveram resultados semelhantes para a farinha de peixe e farelo de algodão (78,55 e 74,87%, respectivamente) e ligeiramente superiores para o farelo de soja e para a farinha de vísceras (91,56 e 87,24%, respectivamente).

Avaliando a digestibilidade de ingredientes pelo piavuçu (*Leporinus macrocephalus*), peixe com características onívoras, Gonsalves e Furuya (2004) determinaram maior CDA da PB para o farelo de soja (96,63%) em relação ao obtido neste experimento, e valor semelhante para a farinha de peixe (80,38%). Abimorad et al. (2008) em estudo com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), peixes de características herbívoras (Silva, 1985), determinou valores ligeiramente superiores de CDA da PB para a farinha de peixe (84,6%) e para o farelo de soja (90,6%). Já ao comparar a digestibilidade da PB da farinha de peixe e do farelo de soja obtida neste estudo com as obtidas por Gaylord e Gatlin-III (1996) com *red drum* (*Sciaenopsis ocellatus*) e por Lee (2002) com *rockfish* (*Sebastes schlegeli*), ambos peixes carnívoros, verificou-se que a tilápia possui menor capacidade de utilização deste nutriente da fonte animal devido a suas características fisiológicas onívoras.

O CDA da MS do farelo de soja, farinha de vísceras e farinha de peixe foram baixos (68,33; 66,67 e 59,33%, respectivamente) e semelhantes entre si. Pezzato et al. (2002), trabalhando com a mesma espécie, também encontraram baixos valores de coeficientes de digestibilidade da MS para estes ingredientes, variando entre 57,0% para a farinha de peixe e 73,0% para a farinha de vísceras.

O farelo de algodão apresentou baixo valor de ED (487 kcal.kg⁻¹), valor decorrente de seu baixo CDA da EB (11,67%). Apesar do farelo de algodão possuir elevado valor de EB (Tabela 1), muita dessa energia é decorrente da fibra bruta, fração não digerível pela tilápia do Nilo (Hughes et al., 2006). De acordo com Andrigueto (1990), elevados níveis de fibra bruta induzem diminuição do potencial energético do alimento.

Apesar dos CDA da EB da farinha de vísceras, farelo de soja e farinha de peixe não diferirem estatisticamente, o primeiro ingrediente apresentou o maior valor de ED (Tabela 6). Este elevado valor de ED da farinha de vísceras é mais um fator positivo em caso de substituição da farinha de peixe. Os resultados obtidos neste experimento foram semelhantes aos obtidos por Pezzato et al. (2002), que encontraram valores de ED de 3543, 3138, 3064 e 2111 kcal.kg⁻¹ para a farinha de vísceras, farelo de soja, farinha de peixe e farelo de algodão.

Peixes com peso entre 1,14 a 1,44 g

O farelo de soja foi o ingrediente que apresentou melhor CDA para a fração PB (91,20%), seguido da farinha de vísceras e da farinha de peixes (85,50 e 82,25%, respectivamente) e, por fim, do farelo de algodão (77,25%). Valores semelhantes foram obtidos por Guimarães et al. (2008) ao avaliarem a digestibilidade da proteína e aminoácidos de diversos ingredientes protéicos pela tilápia do Nilo com peso médio de 96,6 gramas.

Valor semelhante de CDA da PB para o farelo de soja (92,80%) foi encontrado por Mohanta et al. (2006) trabalhando com alevinos do ciprinídeo *barbus* prateado (*Puntius gonionotus*), porém determinaram valores superiores para o coeficiente de digestibilidade da farinha de peixe (92,80%) em relação ao encontrado no presente experimento. Zhou et al. (2008) determinando a digestibilidade de diversos ingredientes por outro ciprinídeo, *Megalobrama amblycephala*, obtiveram valores superiores de CDA para o farelo de soja, farinha de peixe e farelo de algodão (98,1; 93,2 e 92,1%, respectivamente).

O CDA da MS e da EB seguiram padrões semelhantes, com o farelo de algodão apresentando os menores valores de digestibilidade em relação aos outros ingredientes avaliados. Os baixos valores obtidos para o farelo de algodão em relação ao coeficiente de digestibilidade das frações MS e EB podem ser explicados pelo alto teor de fibra bruta (Tabela 1), que passa pelo trato digestório da tilápia sem sofrer digestão e é eliminado pelas fezes.

A farinha de vísceras apresentou maior valor de ED, seguida da farinha de peixe e do farelo de soja (3662, 3442 e 3214 kcal kg⁻¹, respectivamente), apesar de seus CDA da EB não apresentarem diferença estatística (Tabela 3). Valores semelhantes

foram obtidos por Pezzato et al. (2002) em estudo de digestibilidade de diversos alimentos protéicos de origem vegetal e animal por alevinos de tilápia do Nilo. Em estudo com híbridos de tilápia *O. niloticus* x *O. aureus*, Sklan et al. (2004) determinou maiores valores de ED para a farinha de peixe e para o farelo de soja (4249 e 3574 kcal kg⁻¹, respectivamente).

Peixes com peso entre 2,37 a 3,76 g

O farelo de soja e a farinha de vísceras apresentaram valores de CDA da PB semelhantes entre si (93,25 e 90,25%, respectivamente) e superiores ao da farinha de peixe (83,25%). Esta, talvez seja a informação mais importante para a confirmação de que estes ingredientes são bons substitutos à farinha de peixe em rações de alevinos de tilápia do Nilo. Outros fatores a se considerar na avaliação do potencial de um ingrediente em substituir outro são sua composição em aminoácidos digestíveis, presença de fatores antinutricionais e palatabilidade.

Guimarães et al. (2008) em estudo com juvenis de tilápia do Nilo de aproximadamente 100,0 gramas, determinaram a digestibilidade da PB e dos aminoácidos de diversos ingredientes. Os autores encontraram valores semelhantes de CDA ao do presente estudo, indicando que, independentemente do peso do animal, a tilápia utiliza tão bem este nutriente do farelo de soja e da farinha de vísceras quanto da farinha de peixe. Os autores observam que a farinha de vísceras apresenta maior concentração de aminoácidos essenciais (exceto para a metionina) que a farinha de peixe, enquanto o farelo de soja apresenta valores superiores em cinco aminoácidos essenciais (histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e triptofano) em relação à farinha de peixe.

Não houve diferença significativa entre os CDA da MS dos ingredientes avaliados, assim como para o CDA da EB, porém observando os valores entre as classes de peso (Tabela 3), nota-se tendência de aumento da digestibilidade destas frações com o aumento do peso do peixe. Isso ocorre, provavelmente, pela maior produção enzimática dos peixes maiores e/ou por maior maturidade do aparelho digestório e da microbiota intestinal.

Pezzato et al. (2002) determinaram para tilápias do Nilo de 100,0 gramas valores de CDA da MS de 91,80; 93,00; 88,60 e 88,91% para a farinha de peixe,

farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de algodão, respectivamente, valores superiores aos encontrados no presente estudo, o que corrobora com a idéia que peixes maiores possuem maior capacidade de digestão e absorção dos macronutrientes.

A farinha de vísceras apresentou maior ED seguida da farinha de peixe e do farelo de soja (3705, 3595 e 3322 kcal.kg⁻¹, respectivamente), seguindo o padrão obtido pelas outras duas classes de peso anteriores. Furuya et al. (2001a) encontraram valores de ED de 4008 e 3114 kcal kg⁻¹ para a farinha de peixe e farelo de soja, respectivamente, para a mesma espécie de peixe, porém com peso médio de 25 gramas. Abimorad et al. (2008), em estudo com a espécie herbívora pacu (*Piaractus mesopotamicus*), determinou baixa ED para a farinha de peixe (2602 kcal.kg⁻¹). Entretanto, Lee (2002) trabalhando com o peixe carnívoro *rockfish* (*Sebastes schlegeli*), determinou valor de ED elevado para a farinha de peixe (4408 kcal.kg⁻¹), o que indica que a tilápia do Nilo consegue aproveitar melhor a energia deste ingrediente em relação ao herbívoro pacu porém é menos eficiente que o carnívoro *rockfish*.

Conclusões

O farelo de soja e farinha de vísceras apresentaram valores de digestibilidade aparente da proteína bruta melhores que o obtido pela farinha de peixe por alevinos de tilápia do Nilo pesando até 3,76 gramas;

O farelo de algodão apresentou limites de utilização como ingrediente protéico em rações para alevinos de tilápia do Nilo com peso até 3,76 gramas.

Referências Bibliográficas

- ABEF, Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango. Disponível em: <http://www.abef.com.br/Estatisticas/MercadoMundial/MercadoMundial.php> Acesso em: 11 de Fevereiro de 2009.
- 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.
- ABIMORAD, E.G. Digestibilidade e exigência de aminoácidos para juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Jaboticabal, São Paulo. 2008, p. 82 (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, 2008.
- ABIPECS, Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/> Acesso em: 11 de Fevereiro de 2009.
- ANDRIGUETO, J.M. **Nutrição animal**. Nobel, São Paulo, São Paulo, p. 395, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International Ed. Maryland, USA, 2000, 2200p.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture quality management**. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 1998, 685p.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**. Manta Maria, v. 35, n. 3, p. 691-697, 2005.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Campinas, São Paulo, p. 430, 2002.
- CHO, C.Y. La energia en la nutrición de los peces. In: *Nutrición en Acuicultura II*. Ed. J.Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid-España. 197-237. 1987.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E. & TIEWS (Eds). **Finfish nutrition and fishfeed technology, II**, Berlin, Alemanha, 1979, p.239-247.
- FAO. Food and Agricultural Organization. **FAO Statistical Yearbook 2005-06**. Rome: FAO, p.63, 2007a.

- FAO. Food and Agricultural Organization. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006**. Rome: FAO, p.176, 2007.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001a.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001b.
- GAYLORD, T.G.; GATLIN-III, D.M. Determination of digestibility coefficients of various feedstuffs for red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**. v. 139, p. 303-314, 1996.
- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture nutrition**. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00540.x. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/120174776/PDFSTART>
Acesso: 28 de agosto de 2008.
- GONSALVES, G.S.; FURUYA, W.M. Digestibilidade aparente de ingredientes pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum**. v. 26, p. 165-169, 2004.
- HENDRICKS, J.D. Adventitious Toxins. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Eds). **Fish nutrition**. Third Edition, Elsevier Science (USA), San Diego, California, p. 602-651, 2002.
- HIGUERA, M. de la. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J.A.E. de los, LABARTA, M. (ed.). Nutrición en Acuicultura II. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p.291-318.
- HUGHES, S.G.; LIM, C.E.; WEBSTER, C.D. Nonnutrient Components of Fish Diets. In: LIM, C.E. & WEBSTER, C.D. (Eds). **Tilapia: Biology, Culture and Nutrition**. Food Products Press, Binghamton, p. 181-210, 2006.
- KOPRUCU, K.; OZDEMIR, Y. Apparent digestibility of feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**. v. 250, p. 308-316, 2005.
- KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção**. Acqua & Imagem, Jundiaí, São Paulo, p. 289, 2000.

- LEE, S.-M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**. v. 207, p. 79-95, 2002.
- MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.K.; SAHU, N.P. Apparent protein, lipid and energy digestibility of some commonly used feed ingredients in formulated pelleted diets for silver barb, *Puntius gonionotus*. **Aquaculture Nutrition**. v. 12, p. 211-218, 2006.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: Naional Academy Press, 1993. 115p.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; BARROS, M.M.; QUINTERO-PINTO, L.G.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M.; QUINTERO-PINTO, L.G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**. v. 26, n. 3, p. 329-337, 2004a.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALLOSSI, D.; CYRINO, J.E.P. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P. et al. **Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo: Aquabil, v.1, p.75-170, 2004b.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. UFV. Viçosa, 2005, p.186.
- SILVA, A.J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1985) no Pantanal de Mato Grosso em relação à flutuação do nível de água. In: *Proceedings of XII Brazilian Congress of Zoology*, UNICAMP, p. 179. Campinas, SP, Brazil, 1985.
- SKLAN, D.; PRAG, T.; LUPATSCH, I. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). **Aquaculture Research**. v. 35, p. 358-364, 2004.
- ZHOU, Z.; REN, Z.; ZENG, H.; YAO, B. Apparent digestibility of various feedstuffs for bluntnose black bream *Megalobrama amblycephala* Yih. **Aquaculture Research**. v. 14, p. 153-165, 2008.

Capítulo - IV

Recomendações

Diversas pesquisas têm sido realizadas para se determinar os valores digestíveis dos alimentos pelos peixes. A variabilidade de ingredientes e de espécies de peixes existentes faz com que adaptações no manejo experimental sejam feitas para obtenção de resultados confiáveis. Nos estudos sobre digestibilidade, são utilizados peixes adultos ou juvenis pela facilidade na obtenção dos mesmos, coleta de fezes e por serem mais resistentes ao manejo em relação a alevinos de pequeno tamanho.

Para a realização da presente pesquisa, por terem sido utilizados alevinos de tilápia do Nilo de peso médio inicial de 0,60 gramas, foram necessárias diversas adaptações nas instalações, confecção das dietas, manejo da qualidade da água e dos peixes, além do manejo do material fecal coletado.

O primeiro cuidado tomado foi a realização de um experimento piloto. Este serviu de base para a determinação do tamanho mínimo do peixe a ser utilizado, densidade de estocagem para obtenção de material fecal suficiente para a realização das análises, quantidade de ração a ser ofertada, entre outros.

Observou-se certa dificuldade em obtenção da tela de polietileno do tamanho desejado, sendo que foi utilizada a de malha 5,0 mm. Para este tamanho de tela, o menor peixe que pode ser utilizado no experimento foi de 0,60 gramas. Porém, cabe ressaltar que peixes de até 0,40 gramas podem ser utilizados em experimentos de digestibilidade, caso tenha disponível tela de menor malha e que permita a passagem das fezes dos peixes.

A obtenção de alevinos de boa qualidade e dentro das especificações necessárias (machos invertidos com média de peso de 0,60 g) também se apresentou como entrave na execução da pesquisa. Um dos motivos é o fato de que as empresas fornecedoras de alevinos, além de serem em número reduzido, entregam apenas grandes quantidades de animais devido ao custo do frete e logística. Portanto, sempre que necessário, eram realizadas longas viagens para obtenção dos animais.

A obtenção de amostra de fezes suficiente para a realização das análises químico-bromatológicas e de óxido de crômio-III, foi alcançada com densidade de 500 peixes/aquário para os peixes de menor tamanho (0,60g). Notou-se que maior lotação dos aquários resultou em alta mortalidade nos aquários de coleta de fezes. Isto ocorreu devido à falta de oxigênio dissolvido durante a noite, decorrente do elevado metabolismo apresentado pelos alevinos.

A coleta das fezes foi realizada em triplicata não devendo estender-se muito seu período, pois nesta fase de desenvolvimento os peixes apresentam alta taxa de crescimento. Após a obtenção, secagem e moagem das fezes, deve-se proceder a retirada das escamas com auxílio de pinça e eventualmente lupa. No presente experimento notou-se a grande quantidade de pequenas escamas que, caso não sejam retiradas, contaminam a amostra e podem alterar o resultado final.

Implicações

A tilapicultura vem se estabelecendo como a principal atividade aquícola no cenário nacional. Com o nível de intensificação e profissionalização cada vez mais elevado, pode-se observar a tendência desta atividade em manter setores de produção distintos, como larvicultura, alevinagem e engorda. A fabricação de ração é outro setor paralelo que possui influência direta na eficiência produtiva dos demais e redução na emissão de nutrientes para o meio ambiente.

Conhecer os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos alimentos é imprescindível para se formular uma ração que atinja as exigências nutricionais dos peixes e proporcione seu máximo potencial genético. A utilização dos valores digestíveis durante a formulação evita o excesso de nutrientes na ração, que pode ser prejudicial aos peixes, além resultar em menor custo e impacto ambiental, gerado pela redução na excreção dos nutrientes não absorvidos pelos peixes.

A presente pesquisa determinou valores de CDA de ingredientes protéicos e energéticos para alevinos de tilápia do Nilo com peso entre 0,60 e 3,76g. Estes dados

são pioneiros na literatura que apresenta somente valores de CDA para juvenis com peso acima de 15 gramas. Os resultados obtidos devem ser utilizados pelas fábricas de rações para formulação mais acurada de dietas específicas para as primeiras fases de criação da tilápia do Nilo.

O farelo de soja e a farinha de vísceras de aves merecem especial atenção por terem apresentado os melhores valores de CDA, dentre os ingredientes protéicos. O milho e a quirera de arroz obtiveram destaque dentre os ingredientes energéticos por serem altamente digestíveis. Observa-se que devido a seus baixos valores de CDA, o farelo de algodão e o farelo de trigo não devem ser empregados em rações para alevinos de tilápia do Nilo com pesos de até 4 gramas.

Considerando a grande quantidade de ingredientes com capacidade para ser utilizado em dietas para peixes, outros ensaios de digestibilidade devem ser realizados a fim de se formar uma matriz de ingredientes com seus respectivos valores de nutrientes digestíveis por alevinos de tilápia do Nilo.