

ENERGIA E NUTRIENTES DIGESTÍVEIS DE ALIMENTOS PARA A TILÁPIA DO NILO*

Giovani Sampaio GONÇALVES ¹; Luiz Edivaldo PEZZATO ²; Margarida Maria BARROS ²; Dario Falcon ROCHA ³; Geisa Karine KLEEMAN ³; Maria Julia SANTA ROSA ⁴

RESUMO

A utilização de alimentos protéicos e energéticos de alta digestibilidade torna-se cada vez mais necessária, em função da qualidade das rações formuladas, desempenho produtivo e relação com o meio ambiente. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína, energia, fósforo e aminoácidos essenciais e não-essenciais do amido de milho, milho, farelo de trigo, quirera de arroz, farelo de soja, farelo de algodão, glúten de milho e farinha de peixe foram determinados para a tilápia do Nilo (250,0 ± 50,0 g). Para a determinação do CDA, foi utilizada uma dieta referência a base de albumina, gelatina e amido de milho, tendo como indicador inerte óxido de cromo III (Cr₂O₃), sendo cada dieta teste composta por 70,0% da ração referência e 30% do alimento avaliado. As fezes foram coletadas em grupos de cinco repetições para cada alimento. Os valores de CDA para a proteína e a média do CDA dos aminoácidos foram: milho 89,76 e 96,43%, quirera de arroz 95,88 e 92,26%, farelo de trigo 93,54 e 84,41%, farinha de peixe 82,59 e 86,36%, glúten de milho 89,82 e 87,98%, farelo de soja 94,13 e 91,93%, farelo de algodão 87,10 e 77,47%, respectivamente. Os resultados deste estudo demonstram que o CDA da proteína não é bom indicativo do CDA dos aminoácidos, principalmente para o farelo trigo, milho e farelo de algodão. Dentre os alimentos protéicos, o farelo de soja se destaca com o maior CDA para a proteína e aminoácidos, enquanto que o milho foi o alimento energético com o maior CDA (86,15%) para a energia.

Palavras-chave: aminoácidos; digestibilidade; energia; nutrição; tilápia do Nilo

DIGESTIBLE NUTRIENTS OF NILE TILAPIA FEED

ABSTRACT

The utilization of energetic and protein feeds, highly digestible as well, becomes more and more necessary due to the quality of formulated rations, fish performance and relationship with the environment. Apparent digestibility coefficient (ADC) of dry matter, protein, energy, phosphorus, and amino acids of corn starch, corn, wheat, rice, soybean, and cottonseed meal, corn gluten and fish meal were determined for Nile tilapia. ADC was determined using a reference diet based on albumin, gelatin and corn starch, was used inert indicator chromium III oxide (Cr₂O₃). Each test diet composed by 70% of reference diet and 30% of the test diet. Feces were collected using modified Guelph system. ADC values for protein and average ADC of amino acids were as follows: corn 89.76 and 96.43%, rice meal 95.88 and 92.26%, wheat meal 93.54 and 84.41%, fish meal 82.59 and 86.36%, corn gluten 89.82 and 87.98%, soybean meal 94.13 and 91.93%, cotton meal 87.10 and 77.47%, respectively. According to the results of this work, ADC of protein is not a reliable indicator of ADC values of amino acids, even more so for wheat meal, corn, and cotton meal. Among protein feeds, soybean meal was found to have the highest ADC for protein and amino acids, while corn was the energetic feed with the highest ADC (86.15%) for energy.

Keywords: amino acids; digestibility; energy; nutrition; Nile tilapia

Artigo Científico: Recebido em: 11/08/2008 - Aprovado em: 04/06/2009

* Projeto de pesquisa financiado pela FAPESP

¹ Pesquisador Científico - Instituto de Pesca - Centro APTA do Pescado Continental - Rod. Washington Luiz, km 445 - Caixa postal 1052 - CEP: 15025-970 - São José do Rio Preto - SP - Brasil. email: gsgoncalves@pesca.sp.gov.br

² Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, AquaNutri, FMVZ - Campus de Botucatu - SP

³ Aluno de Pós-Graduação FMVZ - Unesp/Botucatu

⁴ Aluno de Pós-Graduação do Centro de Aqüicultura da Unesp-Caunesp - Campus de Jaboticabal

INTRODUÇÃO

As rações comerciais para peixes apresentam valores de 24% a 56% de proteína bruta para as fases que compreendem a larvicultura e a terminação. A grande variação nos níveis protéicos está relacionada com o valor biológico da proteína, o custo dos alimentos e a fase de criação. Poucos são os estudos de exigências nutricionais para peixes realizados com valores de nutrientes digestíveis ou disponíveis, o que dificulta a formulação de rações que atendam as diferentes espécies. Desta forma, a utilização de rações comerciais em sistemas intensivos de criação necessita de maior atenção em função da quantidade de alimento utilizado e do meio em que os peixes estão, pois a emissão de poluentes ao meio ambiente está associada à intensificação da aqüicultura (GONÇALVES, 2007).

A utilização de alimentos protéicos e energéticos de alta digestibilidade torna-se cada vez mais necessária para reduzir a poluição. Rações formuladas com alta densidade de nutrientes já são utilizadas em sistemas intensivos de criação de peixes na Europa há mais de uma década (ALSTED, 1991; JOHNSEN e WANDSVIK, 1991).

Os peixes onívoros se destacam por apresentarem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de rações com elevadas percentagens de ingredientes vegetais, pois utilizam melhor os carboidratos (KUBARIK, 1977; VIOLA e ARIELLI, 1983) e a proteína dessas fontes (TENGGARONKUL *et al.*, 2000). As tilápias utilizam de forma eficiente os nutrientes presentes nos alimentos, tanto de origem animal como de origem vegetal (HANLEY, 1987; DEGANI e REVACH, 1991; FURUYA *et al.*, 2001; GONÇALVES *et al.*, 2005).

O conhecimento dos valores digestíveis da energia, nutrientes e aminoácidos dos alimentos convencionalmente utilizados em rações para peixe é importante para o balanceamento correto de nutrientes que venham a compor a dieta. Ainda que exista correlação entre o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e aminoácidos (HOSSAIN e JAUNCEY, 1989), é importante determinar a digestibilidade de cada aminoácido, pois o CDA da proteína não reflete o CDA de alguns aminoácidos essenciais (WILSON *et al.*, 1981; MASSUMOTO *et al.*, 1996; FURUYA *et al.*, 2001).

Os diferentes ingredientes apresentam variações quanto a sua composição em aminoácidos (WILSON, 1985) e, mesmo quando apresentam alto valor digestível, não necessariamente apresentam disponibilidade dos aminoácidos essenciais equivalentes e em quantidades suficientes para a absorção pelos peixes (DE SILVA *et al.*, 2000). Dos vários trabalhos de pesquisa publicados sobre digestibilidade para peixes, poucos apresentam valores de coeficiente de digestibilidade aparente para aminoácidos, entretanto, nos últimos anos, podemos destacar alguns trabalhos como de ANDERSON *et al.* (1992), SMALL *et al.* (1999), STONE *et al.* (2000) e STOREBAKKEN *et al.* (2000), PORTZ (2001), com peixes de hábito alimentar carnívoro, e SADIKU e JAUNCEY (1995), FURUYA *et al.* (2001) e GUIMARÃES (2006), com a tilápia do Nilo.

Com base no exposto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, fósforo e aminoácidos essenciais e não essenciais da farinha de peixe, farelo de soja, farelo de algodão, glúten de milho, farelo de trigo, quirera de arroz, milho e amido de milho para a tilápia do Nilo.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições experimentais

O experimento foi realizado na Unesp - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - Aquanutri, unidade integrada ao Centro de Aqüicultura da UNESP, no período de janeiro a junho de 2005.

A instalação para a realização do experimento apresentava sistema fechado de recirculação de água nos aquários de alimentação, controle de temperatura da água por meio de aquecedores ligados a termostato digital ($27 \pm 0,5$ °C) e iluminação com lâmpadas fluorescentes, mantendo um fotoperíodo de 12 horas luz e 12 horas de escuro.

O monitoramento dos parâmetros de qualidade de água foi realizado semanalmente (pH, oxigênio dissolvido amônia e nitrito) e diariamente, foi feita a medida de temperatura. Na Tabela 1, encontram-se a composição química e os valores energéticos dos alimentos teste e da ração referência.

Tabela 1. Composição química e valor energético da ração referência e alimentos utilizados nas rações testes

Alimento	MS ¹ (%)	PB ² (%)	EB ³ (kcal/kg)	EE ⁴ (%)	FB ⁵ (%)	MM ⁶ (%)	Ca ⁷ (%)	P ⁸ (%)	Amido (%)
Ração referência	92,02	33,24	3.900	4,36	4,84	5,44	1,2	0,96	41,24
Farinha de peixe	90,54	54,46	3.884	8,40	0,67	24,20	6,47	4,33	-
Farelo de soja	87,71	45,35	4.269	1,09	5,78	6,92	0,29	0,54	12,38
Farelo de algodão	89,82	33,50	4.173	2,35	13,35	7,36	0,30	0,83	3,00
Glúten de milho	90,00	61,96	5.138	4,17	1,05	2,54	0,05	0,46	14,34
Milho	88,55	7,42	4.216	3,40	1,94	1,35	0,04	0,20	62,48
Quirera de arroz	90,00	8,00	3.907	1,12	0,31	1,09	0,08	0,21	74,45
Farelo de trigo	87,64	15,33	4.222	4,17	7,64	5,32	0,11	0,81	54,93
Amido de milho	89,41	0,50	3.835	-	-	1,11	-	-	87,6

¹MS = Matéria Seca, ²PB = Proteína Bruta, ³EB = Energia Bruta, ⁴EE = Extrato Etéreo, ⁵FB = Fibra Bruta, ⁶MM = Matéria Mineral, ⁷Ca = Cálcio, ⁸P = Fósforo.

Os alimentos utilizados para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foram obtidos de indústrias de processamento de rações para peixes e escolhidos com base na disponibilidade, frequência de utilização em rações, composição química e resultados já obtidos em avaliações nutricionais de desempenho para a tilápia do Nilo (PEZZATO *et al.* 2002; GONÇALVES *et al.*, 2004).

A determinação do CDA foi feita pelo método indireto, utilizando o marcador inerte óxido de cromo (Cr₂O₃), comumente utilizado

em estudos de digestibilidade com peixes (BRISSON, 1956; PEZZATO *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2005). Para a determinação do CDA dos alimentos, a metodologia foi baseada nos estudos e procedimentos descritos por DE SILVA e ANDERSON (1995), em que uma dieta referência é utilizada em conjunto com alimentos testes, formulado com base na substituição de proporções entre a dieta referência e os alimentos testes. Os perfis de aminoácidos dos alimentos e ração referência estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Perfil de aminoácidos da ração referência e alimentos utilizados nas rações experimentais

Composição (%matéria natural)	RR ¹	M ²	QA ³	FT ⁴	FP ⁵	GM ⁶	FS ⁷	FA ⁸
<i>Aminoácido Essencial (AAE)</i>								
Arginina	1,51	0,38	0,25	1,05	3,30	1,47	3,11	4,47
Fenilalanina	1,88	0,41	0,53	0,83	2,43	3,97	2,48	2,12
Histidina	0,60	0,17	0,17	0,45	1,16	1,15	1,25	1,09
Isoleucina	1,43	0,21	0,32	0,56	2,33	2,54	2,31	1,28
Leucina	2,66	0,85	0,70	0,82	4,05	11,13	3,89	2,37
Lisina	1,82	0,17	0,31	0,79	4,08	1,04	2,68	1,72
Metionina	0,90	0,08	0,12	0,15	1,57	1,19	0,43	0,24
Treonina	1,40	0,20	0,27	0,57	2,24	1,91	1,77	1,40
Valina	1,76	0,28	0,42	0,77	2,52	2,49	2,30	1,91
<i>Não Essencial (AANE)</i>								
Ac. Aspártico	3,26	0,33	0,66	1,19	4,80	3,50	5,20	3,98
Ac. Glutâmico	4,04	1,10	1,36	3,19	7,15	13,27	8,66	9,16
Alanina	1,95	0,37	0,37	0,84	3,64	5,04	1,95	1,62
Cistina	0,66	0,09	0,10	0,26	0,45	0,62	0,41	0,45
Glicina	2,01	0,19	0,35	0,89	4,79	1,48	1,90	1,69
Prolina	1,63	0,55	0,48	0,76	3,03	5,40	2,40	1,53
Serina	2,01	0,26	0,37	0,73	1,98	2,94	2,18	1,82
Tirosina	0,82	0,21	0,29	0,50	1,83	2,94	1,40	0,62
Total de aminoácidos (AA)	30,34	5,85	7,07	14,35	51,35	62,08	44,32	37,47

RR¹ = Ração referência; M² = Milho; QA³ = Quirera de arroz; FT⁴ = Farelo de trigo; FP⁵ = Farinha de peixe; GM⁶ = Glúten de milho; FS⁷ = Farelo de soja; FA⁸ = Farelo de algodão

Processamento das rações experimentais

Para a avaliação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, utilizou-se uma dieta referência purificada (AIN, 1977) com base em albumina, gelatina e amido de milho (Tabela 3), formulada para atender as exigências nutricionais da espécie em estudo (NRC, 1993).

Tabela 3. Fórmula da dieta referência.

Ingrediente	%
Albumina	32,50
Amido	47,08
Gelatina	5,50
Óleo de soja	3,80
α -celulose	6,60
Fosfato Bicálcico	3,70
Suplemento vit. min. ⁽¹⁾	0,50
Vitamina C (monofosfatada)	0,05
Sal (NaCl)	0,15
Antioxidante BHT ⁽²⁾	0,02
Óxido crômio (Cr ₂ O ₃)	0,10
Total	100,00

¹Suplemento Vitamínico e mineral para peixes (comercial): Vitaminas: A=1.200.000 UI; D3=200.000 UI; E=12.000 mg; K3=2.400 mg; B1=4.800 mg; B2=4.800 mg; B6=4.000 mg; B12=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; C=48.000 mg; biotina=48mg; colina=65.000mg; niacina=24.000mg; minerais: Fe=10.000 mg; Cu=600 mg; Mn=4.000 mg; Zn=6.000 mg; I=20 mg; Co=2 mg e Se=20 mg; ²BHT = Butil hidroxi tolueno, antioxidante.

As rações avaliadas foram obtidas por meio da mistura de 29,9% do alimento a ser avaliado e 70% da ração referência, de acordo com as recomendações de MCGOOGAN e REIGH (1996). Junto à mistura, foi adicionado 0,1% do indicador inerte óxido de cromo (Cr₂O₃), realizada a homogeneização, umedecida com a adição de 25% de água (70°C), peletizada em equipamento elétrico e, em seguida, os grânulos foram secos em estufa pelo período de 12 horas a 55°C. Após a secagem as rações foram peneiradas, para a retirada de finos, e armazenadas sob refrigeração (5°C) durante todo o período experimental.

Procedimento experimental

Foram utilizados dez aquários, com volume de 250 L, para o manejo de alimentação, sendo estes mantidos em sistemas de recirculação de

água e controle de temperatura. Para a manutenção de qualidade de água, foi utilizado filtro físico e biológico, compressor radial para aeração, termostato digital e, diariamente, reposição de 10% da água utilizada no sistema, de modo a completar as perdas por evaporação e retirada de resíduos sólidos no fundo dos tanques. Cada aquário de alimentação possuía em seu interior uma gaiola confeccionada em tela plástica (abertura de 10 mm) para o alojamento dos peixes.

Para o manejo de coleta de fezes, foram utilizados aquários de fundo cônico, com registro na extremidade inferior, e volume útil de 300 L, também com controle de temperatura e aeração para manutenção da qualidade de água.

Cada ração teste foi utilizada para a alimentação de cinco grupos (gaiolas) com 20 tilápias do Nilo da linhagem Tailandesa, provenientes da Piscicultura Aquabel (Rolândia-PR), com peso médio de 82,0 ± 5 g. Desta forma, cada tratamento possuiu 5 repetições, sendo cada unidade experimental formada por uma gaiola composta de vinte peixes. Os peixes foram previamente adaptados ao sistema de manejo 30 dias antes do início do experimento. Após aclimatação com a ração referência, iniciou-se a coleta do material fecal por 5 dias para cada ração. Os peixes foram alimentados de forma *ad libitum* a cada 1 hora, entre o período das 8h e 18h, com as rações testes. Uma hora antes da passagem das gaiolas para o aquário de coleta de fezes, os peixes não eram mais alimentados e, após a transferência das gaiolas, estas permaneciam nos aquários de coleta pelo período de 12h. Todo material sedimentado no fundo dos aquários de coleta na primeira hora após a passagem para as gaiolas foi descartado, e o material fecal posteriormente coletado foi congelado, para então, ser processado para as análises químicas.

Análise química e física

As análises físico-químicas dos alimentos, rações e fezes foram realizadas em duplicatas. As análises de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral foram realizadas no Laboratório de bromatologia da FMVZ-Unesp Botucatu, segundo o protocolo da AOAC (1984), e a análise de fósforo, realizada

no Laboratório de Química e Bioquímica do IB (Unesp/Botucatu), segundo GOLDMAN e HARGIS (1969), WATANABE e ONSANI (1965). A análise de energia bruta foi realizada por meio de bomba calorimétrica (PARR®), com a utilização do ácido benzóico como padrão. A determinação do óxido de cromo III (Cr₂O₃) foi realizada por meio da mineralização ácida (BREMER NETO *et al.*, 2005) e, posteriormente, quantificação do cromo por espectrometria de absorção atômica por chama (Shimadzu AA-6800) (FREIRE *et al.*, 2001), no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da Unesp-Botucatu.

As determinações dos aminoácidos dos alimentos e rações foram realizadas no laboratório de análises físico-químicas LABTEC, da Mogiana Alimentos SA, de acordo com metodologia proposta pela AOAC (2000).

Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das rações testes foram calculados de acordo com a fórmula descrita por NOSE (1960):

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

em que:

CDA_(n) = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na ração;

%Cr₂O_{3r} = % de óxido de cromo na ração;

%Cr₂O_{3f} = % de óxido de cromo nas fezes;

%N_r = Nutriente ou energia na ração;

%N_f = Nutriente ou energia nas fezes.

A partir da determinação do coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia das rações teste e referência, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, aminoácidos, energia bruta e fósforo dos alimentos, de acordo com a fórmula proposta por FORSTER (1999):

$$CDA_N = \frac{[(a + b) \times CDAdc - (a) \times CDA Dr]}{b}$$

em que:

CDAn = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente;

CDAdc = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta combinada;

CDA Dr = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência;

a = contribuição do nutriente ou energia da ração referência para o conteúdo do nutriente ou energia da ração combinada.

b = contribuição do nutriente ou energia pelo ingrediente teste para o conteúdo do nutriente da ração referência.

a + b = nutriente ou energia total na ração teste.

Os valores de CDA dos aminoácidos da ração referência e alimentos teste foram obtidos pela média de duas repetições, sendo cada repetição composta por um "pool" de amostras obtidas de grupos de cinco gaiolas para cada tratamento.

Análises estatísticas

Os valores de CDA da matéria seca, proteína, energia e fósforo dos diferentes alimentos foram submetidos a análise variância a 5% de significância e ao teste de comparação de médias, Tukey, por meio do programa estatístico SAS (SAS, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água foi mantida na faixa de conforto para a espécie, não alterando os valores no decorrer do experimento.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e os valores digestíveis da matéria seca, proteína, energia, fósforo e aminoácidos da ração referência e alimentos testes para a tilápia do Nilo estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Na Tabela 4, observa-se diferença significativa (P<0,05) para os CDA da energia e nutrientes dos alimentos avaliados. As diferenças nos valores de CDA dos nutrientes para cada alimento, possivelmente estão relacionadas à composição química, origem, processamento e presença ou não de fatores antinutricionais.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia para a tilápia do Nilo

Energia (kcal) e Nutriente (%)	Ração ref.	Alimento teste							
		AM ¹	M ²	QA ³	FT ⁴	FP ⁵	GM ⁶	FS ⁷	FA ⁸
Matéria Seca	77,98	91,73 ^a	79,30 ^c	81,91 ^b	70,37 ^e	82,60 ^b	74,87 ^d	85,30 ^a	78,10 ^c
Proteína bruta	96,25	-	89,76 ^b	95,88 ^a	93,54 ^a	82,59 ^c	89,82 ^b	94,13 ^a	87,10 ^b
Energia bruta(kcal/kg)	82,75	66,28 ^e	86,15 ^b	75,48 ^c	72,83 ^d	95,29 ^a	73,08 ^d	84,12 ^b	62,09 ^f
Fósforo	54,11	-	55,00 ^b	52,38 ^b	35,80 ^c	54,73 ^b	63,04 ^a	25,93 ^d	37,35 ^c
<i>Aminoácido essencial⁹ (AAE)</i>									
Arginina	100,00	-	89,47	99,20	81,90	89,39	90,48	94,53	76,06
Fenilalanina	94,13	-	97,56	92,45	87,95	88,89	89,92	97,58	80,19
Histidina	95,90	-	98,82	94,12	91,11	92,24	100,00	94,40	71,56
Isoleucina	95,62	-	99,05	84,38	82,14	89,70	79,53	92,64	66,41
Leucina	96,43	-	92,94	85,71	95,12	92,59	84,37	93,32	71,31
Lisina	95,63	-	99,41	96,77	84,81	93,63	86,54	97,01	83,14
Metionina	97,26	-	98,75	91,67	86,67	87,26	94,96	90,70	95,83
Treonina	94,55	-	90,00	85,19	75,44	83,93	80,63	90,40	75,00
Valina	95,68	-	96,43	80,95	77,92	92,46	81,12	90,00	66,49
<i>Aminoácido não essencial⁹ (AANE)</i>									
Ac. Aspártico	96,38	-	93,94	95,45	90,76	86,88	94,00	92,31	77,89
Ac. Glutâmico	96,66	-	96,36	88,97	95,61	85,73	91,79	94,34	77,07
Alanina	95,79	-	97,30	94,59	82,14	79,67	97,02	90,77	77,16
Cistina	97,26	-	100,00	97,00	76,92	95,56	98,39	92,68	80,00
Glicina	96,32	-	94,74	97,14	75,28	77,24	78,38	81,05	69,23
Prolina	100,00	-	96,36	97,92	89,47	71,29	65,56	89,17	79,74
Serina	96,97	-	100,00	97,30	87,67	88,38	98,30	99,08	73,08
Tirosina	100,00	-	98,10	89,66	74,00	73,22	84,69	82,86	96,77
Média (AA)	96,70	-	96,43	92,26	84,41	86,36	87,98	91,93	77,47

AM¹= Amido de milho; M² = Milho; QA³ = Quirera de arroz; FT⁴ = Farelo de trigo; FP⁵ = Farinha de peixe; GM⁶ = Glúten de milho; FS⁷ = Farelo de soja; FA⁸ = Farelo de algodão; ⁹Valores não submetidos à análise estatística (n=2); Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente (P>0,05)

O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca do amido de milho (91,73%) e farelo de soja (85,30%) foi significativamente superior (P<0,05) ao da farinha de peixe (82,60%) e quirera de arroz (81,91%), sendo estes superiores aos do milho (79,30%), farelo de algodão (78,10%), glúten de milho (74,87%) e farelo de trigo (70,37%).

O menor valor para o CDA da matéria seca obtido nesse estudo se assemelha aos obtidos por BOSCOLO *et al.* (2002) e PEZZATO *et al.* (2002) que obtiveram valores de 66,79 e 66,05%, respectivamente. Os primeiros autores ressaltam a possibilidade do baixo valor para o CDA da matéria seca em função da alta percentagem de polissacarídeos não amiláceos nesse alimento e pelo fato de que não são eficientemente aproveitados pela tilápia do Nilo.

Pela composição da ração referência utilizada no experimento é possível observar o alto valor biológico dos alimentos utilizados, principalmente

para proteína e aminoácidos, uma vez que o CDA da proteína (96,25%) e para o total de aminoácidos (96,70%) foram muito similares (Tabela 4). Os valores de CDA dos nutrientes da ração referência confirmam os resultados obtidos em estudos de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos também para a tilápia do Nilo realizados por FURUYA *et al.* (2001). Por outro lado, KÖPRÜCÜ e ÖZDEMİR (2005), em estudo com o objetivo de avaliar o CDA de aminoácidos de alimentos para a tilápia do Nilo, utilizaram como ração referência uma dieta composta por alimentos convencionais a base de farinha de peixe, farelo de soja e farelo de trigo e obtiveram valores de 87,10% de CDA para a proteína e 87,7% para a média dos aminoácidos, valores estes inferiores aos obtidos no presente estudo. A padronização e a utilização de alimentos considerados purificados, segundo o Instituto de Nutrição Americano (AIN, 1977), podem ser mais eficientes na determinação de

CDAs dos nutrientes, uma vez que a interferência de fatores característicos de cada alimento, como

processamento, composição química e fatores antinutricionais, podem ser minimizados.

Tabela 5. Valores digestíveis de aminoácidos, nutrientes e energia para a tilápia do Nilo

Energia (kcal) Nutriente (%)	Ração ref.	Alimento teste							
		AM ¹	M ²	QA ³	FT ⁴	FP ⁵	GM ⁶	FS ⁷	FA ⁸
Matéria Seca	85,03	82,02	70,22	73,71	61,67	74,78	67,38	74,81	70,14
Proteína	31,39	-	6,66	7,67	14,34	40,98	55,65	43,69	29,18
Energia (kcal)	3227	2542	3632	2949	3075	3701	3755	3591	2591
Fósforo	0,49	-	0,02	0,12	0,19	2,37	0,29	0,14	0,31
<i>Aminoácido essencial (AAE)</i>									
Arginina	1,51	-	0,34	0,25	0,86	2,95	1,33	2,94	3,40
Fenilalanina	1,76	-	0,40	0,49	0,73	2,16	3,57	2,42	1,70
Histidina	0,58	-	0,17	0,16	0,41	1,07	1,15	1,18	0,78
Isoleucina	1,37	-	0,21	0,27	0,46	2,09	2,02	2,14	0,85
Leucina	2,57	-	0,79	0,60	0,78	3,75	9,39	3,63	1,69
Lisina	1,74	-	0,17	0,30	0,67	3,82	0,90	2,60	1,43
Metionina	0,87	-	0,08	0,11	0,13	1,37	1,13	0,39	0,23
Treonina	1,31	-	0,18	0,23	0,43	1,88	1,54	1,60	1,05
Valina	1,67	-	0,27	0,34	0,60	2,33	2,02	2,07	1,27
<i>Aminoácido Não essencial (AANE)</i>									
Ac. Aspártico	3,13	-	0,31	0,63	1,08	4,17	3,29	4,80	3,10
Ac. Glutâmico	3,91	-	1,06	1,21	3,05	6,13	12,18	8,17	7,06
Alanina	1,86	-	0,36	0,35	0,69	2,90	4,89	1,77	1,25
Cistina	0,63	-	0,09	0,10	0,20	0,43	0,61	0,38	0,36
Glicina	1,94	-	0,18	0,34	0,67	3,70	1,16	1,54	1,17
Prolina	1,62	-	0,53	0,47	0,68	2,16	3,54	2,14	1,22
Serina	1,94	-	0,26	0,36	0,64	1,75	2,89	2,16	1,33
Tirosina	0,81	-	0,21	0,26	0,37	1,34	2,49	1,16	0,60
Valor total (AA)	31,72	-	5,60	6,47	12,45	44,00	54,10	41,09	28,49

AM¹= Amido de milho; M²= Milho; QA³= Quirera de arroz; FT⁴= Farelo de trigo; FP⁵= Farinha de peixe; GM⁶= Glúten de milho; FS⁷= Farelo de soja; FA⁸= Farelo de algodão

Da mesma forma que a composição da ração referência pode interferir nos resultados obtidos, o processamento das rações, forma de coleta do material fecal e níveis nutricionais utilizados para a determinação do CDA dos alimentos, são fatores importantes na determinação do valor biológico de cada alimento, podendo apresentar diferenças em função de cada metodologia utilizada.

Para o CDA da proteína dos alimentos energéticos avaliados, a quirera de arroz e o farelo de trigo apresentaram valores superiores ($P < 0,05$), em comparação ao milho, e para os alimentos protéicos, o farelo de soja se sobressaiu, com CDA de 94,13%, valor este significativamente superior ao do glúten de milho (89,82%), farelo de algodão (87,10%) e farinha de peixe (82,59%), a qual apresenta o menor CDA para a proteína.

A média dos CDA dos aminoácidos apresentados na Tabela 4, e os valores de CDA da proteína para os alimentos avaliados, mostraram diferenças, principalmente para o farelo de trigo, milho e algodão, indicando que o CDA da proteína não é um bom índice para a determinação dos aminoácidos digestíveis desses alimentos. Entretanto, os alimentos protéicos, como a farinha de peixe, farelo de soja e glúten de milho, possuem valores de CDA da proteína e aminoácidos mais próximos. Resultados semelhantes aos desse estudo foram obtidos por KÖPRÜCÜ e ÖZDEMİR (2005) para a tilápia do Nilo, em relação ao CDA da proteína e aminoácidos dos alimentos farinha de peixe (anchova), farelo de soja e glúten de milho. FURUYA *et al.* (2001), em estudo cujo objetivo foi avaliar a digestibilidade da proteína e

aminoácidos de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo, encontrou valor de CDA para o total de aminoácidos do farelo de soja (92,72%) próximo ao valor obtido nesse estudo (91,93%). Comportamento semelhante também foi observado para a farinha de peixe (84,95%), em relação ao valor determinado (86,36%). Assim como no trabalho de FURUYA *et al.* (2001), os valores apresentados demonstraram diferenças significativas ($P < 0,05$), quando comparados o farelo de soja e farinha de peixe para o CDA do total de aminoácidos para a tilápia do Nilo.

Os resultados de CDA obtidos, para cada aminoácido dos alimentos avaliados, e a média obtida dos CDA de todos os aminoácidos, permitem visualizar a melhor relação de representatividade ou não para cada alimento. A comparação dos valores totais de CDA dos aminoácidos de cada alimento em relação aos valores de CDA de cada um dos aminoácidos essenciais mostrou que alguns alimentos possuem melhor relação entre os valores de CDA. Para os alimentos protéicos, a farinha de peixe apresenta apenas o aminoácido treonina, com CDA inferior ao CDA da média de todos os aminoácidos (AAE + AANE). Entretanto, o farelo de soja apresentou três aminoácidos (metionina, treonina e valina) com CDA inferior ao CDA médio de todos os aminoácidos; o glúten de milho, cinco aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, treonina e valina), e o farelo de algodão, seis aminoácidos (arginina, histidina, isoleucina, leucina, treonina e valina).

Destacam-se os valores de CDA do aminoácido treonina de todos os alimentos avaliados, os quais são inferiores ao CDA da média dos aminoácidos, resultado também observado por WILSON *et al.* (1981), com o bagre do canal, ALLAN *et al.* (2000), com a perca, STOREBAKKEN *et al.* (2000) com o salmão do atlântico e FURUYA *et al.* (2001) com a tilápia do Nilo.

O menor valor de CDA dos nutrientes para o farelo de algodão está relacionado ao nível de fibra presente no alimento (GAYLORD e GATLIN III, 1996), uma vez que, foi possível visualizar o maior volume das fezes no momento da coleta e possível presença de gossipol, que em níveis altos, pode atuar negativamente na digestibilidade dos aminoácidos (OGUNJI, 2004). Em estudo com a tilápia do Nilo, PEZZATO *et al.* (2002) obtiveram o

resultado de 74,87% para o CDA da proteína bruta, valor este próximo ao obtido nesse estudo para o CDA do total de aminoácidos (77,47%), no entanto, inferior ao valor de 87,10% para o CDA da proteína bruta para este mesmo alimento.

Dentre os alimentos estudados, destaca-se o alto CDA da proteína do farelo de soja (94,13%), assim como dos aminoácidos lisina (97,01%) e treonina (90,40%), sendo estes resultados similares aos obtidos por FURUYA *et al.* (2001), PEZZATO *et al.* (2002) e BOSCOLO *et al.* (2002), com exceção da lisina, a qual foi determinado um CDA de 90,83%, e inferiores aos resultados obtidos por KOPRUCU e OZDEMIR (2005), ambos com a tilápia do Nilo. No entanto, o glúten de milho, apesar de apresentar alto CDA para a proteína (89,82%), valor este semelhante ao obtido por KOPRUCU e OZDEMIR (2005), e inferior ao obtido por PEZZATO *et al.* (2002), apresentou baixo nível de lisina com CDA de 86,54%, sendo um alimento com proteína de alta digestibilidade, porém limitante quanto ao aminoácido de maior exigência para espécie estudada. Em estudo com a tilápia do Nilo, MEURER *et al.* (2003) obtiveram valor superior ao determinado neste estudo para o CDA da PB do glúten de milho (97,61%), e ressaltam a limitação de uso em rações para essa mesma espécie devido à alta concentração de proteína e energia presente nesse alimento.

Ainda no grupo dos alimentos protéicos de origem vegetal, o farelo de algodão apresentou em sua composição, menores valores de aminoácidos essenciais, com exceção da arginina quando comparado ao farelo de soja e glúten de milho. No entanto, pelo elevado valor de CDA da proteína (87,10%), o mesmo é boa fonte alternativa de proteína a ser utilizada na alimentação de tilápias, desde que seja levado em consideração o CDA de cada aminoácido, com destaque para a lisina, que apresenta um CDA de apenas 83,14%. MARTIN (1990) e RINCHARD *et al.* (2003) ressaltaram que a lisina é o primeiro aminoácido a se ligar com o gossipol presente no farelo de algodão, formando ligações as quais reduzem a digestibilidade do alimento. Baixos valores de CDA para a lisina do farelo de algodão foram obtidos em estudos com o bagre do canal (66,0%) (LOVELL, 1981) e carpa prateada (60,0%) (ALLAN *et al.*, 2000). Os resultados obtidos no presente estudo, para a lisina do farelo de algodão, estão mais próximos

aos obtidos por CHENG e HARD (2002) (84,93%) e LEE (2002) (77,0%), com a truta arco-íris e rockfish, respectivamente.

O CDA da proteína do farelo de algodão obtido nesse estudo foi superior ao obtido por PEZZATO *et al.* (2002) (74,87%), GUIMARÃES (2006) (81,78%), ambos com a tilápia do Nilo, e SULLIVAN e REIGH (1995) (83,76%), com o híbrido *striped bass*.

Além dos alimentos de origem vegetal avaliados, a farinha de peixe, único produto de origem animal utilizado nesse estudo, apresentou um CDA para a proteína de 82,59%, sendo este valor superior ao obtido por PEZZATO *et al.* (2002) (78,55%), próximo ao determinado por FURUYA *et al.* (2001) (84,95%), e inferior aos valores determinados por KOPRUCU e OZDEMIR (2005) (90,50%), MEURER *et al.* (2003) (90,66%) e GUIMARÃES (2006) (88,60%), todos em estudo com a tilápia do Nilo.

A grande variação nos resultados encontrados em diferentes estudos com a farinha de peixe, ainda que para uma mesma espécie, pode estar relacionada a alguns fatores ligados ao alimento, dentre eles, a matéria prima original, o processamento, formas de proteção contra oxidação dos nutrientes e a característica do produto quanto à composição química. Tais fatores podem alterar significativamente a composição do alimento, indisponibilizando aminoácidos e outros nutrientes, principalmente pela reação de oxidação dos lipídeos com os aminoácidos (MASSUMOTO *et al.*, 1996).

Dentre os alimentos energéticos avaliados, os valores de CDA para a energia variaram significativamente ($P < 0,05$), de 86,15% para o milho, 75,48% para quirera de arroz, 72,83% para farelo de trigo e 66,28% para o amido de milho. Dentre os alimentos protéicos, os maiores valores ($P < 0,05$) de CDA para a energia foram obtidos com a farinha de peixe (95,29%), farelo de soja (84,12%), glúten de milho (73,08%) e farelo de algodão (62,09%). Como mencionado anteriormente, o alto nível de fibra presente no farelo de algodão pode atuar de forma negativa nos valores de CDA da proteína e aminoácidos e, também, não são utilizados como fonte de energia devido a forma a qual está presente.

Para os alimentos classificados como energéticos, o valor de CDA para a energia do milho (86,15%) foi superior aos valores obtidos por FURUYA (2000) (82,64%), PEZZATO *et al.* (2002) (83,95%), BOSCOLO *et al.* (2002) (76,6%), GONÇALVES *et al.* (2004) (74,96%) e GUIMARÃES (2006) (67,34%), todos em estudo com a tilápia do Nilo. O CDA da energia do farelo trigo (72,83%) foi superior ao valor médio obtido por FURUYA (2000) (70,34%), GONÇALVES *et al.* (2004) (71,03%) e GUIMARÃES (2006) (48,94%), e inferior ao apresentado por PEZZATO *et al.* (2002) (77,45%). Para a quirera de arroz, o CDA de 75,48% para a energia apresenta-se inferior aos resultados de GUIMARÃES (2006), o qual obteve o valor de 95,34% para o CDA da energia desse alimento. O alto valor de CDA para a quirera de arroz encontrado no estudo de GUIMARÃES (2006), é explicado pelo alto nível de amido presente no alimento, sendo este avaliado após o processo de extrusão das rações, o qual pode aumentar a digestibilidade da energia por meio do fracionamento, expansão e geleificação do amido quando submetido à alta temperatura e pressão.

Apesar da maior contribuição como fonte de energia, os alimentos energéticos apresentam ainda em sua composição a fração protéica, sendo esta de grande importância, uma vez que, grandes percentagens são utilizadas nas rações, fazendo com que os aminoácidos que venham a compor esses alimentos sejam também de interesse no momento da formulação. Dessa forma, o milho e a quirera de arroz se sobressaem, com valores médios de CDA para os aminoácidos de 96,43 e 92,26%, respectivamente, sendo estes superiores ao farelo de trigo 84,41%.

Os valores de aminoácidos digestíveis apresentados na Tabela 4 mostram a grande possibilidade de utilização das diferentes fontes de alimentos (origem animal ou vegetal) para compor rações para a tilápia do Nilo, possibilitando maior flexibilidade no momento de sua formulação.

A formulação de rações que venham a atender as exigências nutricionais para a espécie, assim como a otimização do uso dos alimentos, de modo a possibilitar o processamento, cujo custo benefício, se encontre dentro dos limites pré-estabelecidos, está na dependência do

conhecimento exato dos valores nutricionais de cada alimento.

De acordo com KUBARIK (1997) e TENGJAROENKUL *et al.* (2000), as tilápias possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de alimentos de origem vegetal, sendo estas afirmações comprovadas em estudos realizados por FURUYA (1999), PEZZATO *et al.* (2002) e GONÇALVES *et al.* (2004), os quais relatam a grande eficiência de utilização dos alimentos de origem vegetal pela tilápia do Nilo. Tais afirmações possibilitam a utilização de alimentos para que o custo final das rações possa ser reduzido, sem, contudo, comprometer a qualidade do alimento.

Utilizando alimentos de origem vegetal, o nutriente fósforo torna-se limitante, devido ao baixo nível presente nesses alimentos e pela presença de fitato, que limita sua utilização em rações para peixes (LIU, 1998). O fitato, designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico, conhecido cientificamente como hexafosfato de inositol ou mio-inositol, pode compor até 81,00% do conteúdo de fosfato presente nos vegetais (RICHE e BROWN, 1996). Está presente nas plantas de modo geral, com grande capacidade de formar quelatos com outros minerais e proteínas, o que lhe confere a denominação de antinutriente (LIU, 1998).

De acordo com VIELMA *et al.* (1998), a mucosa intestinal dos peixes não secreta a enzima fitase, fosfatase que remove o fosfato do fósforo fítico, o que explica a baixa digestibilidade do fósforo em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. Como observado nesse estudo, os valores de CDA para o fósforo foram inferiores a 60,0%, com exceção da farinha de peixe, que apresentou um CDA de 63,04%. Os valores de CDA para o mineral fósforo estão próximos dos resultados obtidos por GONÇALVES (2003), que destaca a necessidade de utilização de enzimas exógenas para maior aproveitamento deste mineral em rações para peixes, quando utilizados alimentos de origem vegetal.

O conhecimento do valor de digestibilidade da energia e nutrientes dos alimentos, que venham compor as rações para peixes, faz-se necessário, em função da melhor utilização dos alimentos, melhores resultados de desempenho

produtivo, redução nos custos de formulação, e menor nível de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, excretados no meio ambiente.

CONCLUSÕES

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína do farelo de soja 94,13% é superior ao do glúten de milho 89,82% e farelo de algodão 87,10%, sendo estes superiores ao da farinha de peixe (82,59%). Dentre os alimentos energéticos, o milho é a fonte de energia mais digestível, seguido da quirera de arroz e farelo de trigo.

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína não refletem os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente de muitos aminoácidos, sendo estes em geral inferiores ao da proteína, com exceção para o milho.

REFERÊNCIAS

- AIN (American Institute of Nutrition) 1977. Standards for Nutritional Studies Report, Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutrition studies, *Journal Nutrition*, London, 107: 1340-1348.
- ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. 2000 Replacememet of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, Amsterdam, 186: 293-310.
- ALSTED, N.S. 1991 Studies on the reduction of discharges from fish farms by modification of the diet In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FEEDING FISH IN OUR WATER: NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1991, Ontario. *Anais...* p.77-90.
- ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. 1992 Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. *Aquaculture*, Amsterdam, 108: 111-114.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 14 ed., Washington, D.C., p.152-160, 1984.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 2000 *Official methods of analysis*. 17 ed., Maryland. p.5-20.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. 2002 Digestibilidade aparente da energia e nutriente de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 31(2):539-545.
- BREMER NETO, H., GRANER, C.A.F., PEZZATO, L.E. 2005. The spectrophotometric method on the routine of 1,5-diphenylcarbazine was adjusted on chromium determination in feces, after its utilization as a biological marker as chromium (III) oxide. *Ciência Rural*, Santa Maria, 25(3): 691-697.
- BRISSON, G.J. 1956 On the routine determination of chromic oxide in feces. *Canadian Journal of Agriculture Science*, Toronto, 36: 210-212.
- CHENG, Z.J. & HARDY, R.W. 2002 Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, 212: 361-372.
- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. 1995 *Fish Nutrition Aquaculture*. London: Chapman & Hall, 319p.
- DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M.; GOOLEY, G. 2000 Digestibility and amino acid availability of three protein-rich ingredient-incorporated diets by Murray cod *Maccullochella peelii peellii* (Mitchell) and the Australian shortfin eel *Anguilla australis* Richardson. *Aquaculture Research*, Idaho, 31: 195-205.
- DEGANI, G.; REVACH, A. 1991 Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). *Aquaculture and Fisheries Management*, Inverness, 22: 397-403.
- FOSTER, I. 1999 A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*, Bergen, 5: 143-145.
- FREIRE, E.S.; HISANO, H.; GONÇALVES, G.S. 2001 Determinação de Cr₂O₃ utilizado como marcador de rações em fezes de peixes por GFAAS após mineralização em forno de microondas. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 31., 2001, Araraquara. *Anais...* Araraquara: Instituto de Química da Unesp, p.73.
- FURUYA, W.M. 2000 *Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus)*. Botucatu. 70p. (Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP).
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, V.R.B. 1999 Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999. *Anais...* Puerto La Cruz: WAS/LAC. p. 206-217.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. 2001 Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 30(4): 1143-1149.
- GAYLORD, T.G.; GATLIN III, D.M. 1996 Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout. *Aquaculture*, Amsterdam, 139: 303-314.
- GOLDMAN, H.N.; L.G. HARGIS. Analytical Chemists.1969. 490p.
- GONÇALVES, G.S. 2003 *Digestibilidade aparente de alimentos vegetais suplementados com fitase pela tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus)*. Botucatu. 72p. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP).
- GONÇALVES, G.S. 2007 *Digestibilidade e exigência de lisina, proteína e energia em dietas para a tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus)*. Jaboticabal: 98p. (Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura da Unesp, UNESP).

- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. 2004 Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, 26(3): 313-321.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. 2005 Disponibilidade Aparente do Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe e Suplementação de Fitase em Alimentos Vegetais para a Tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 34(6): 2155-2163.
- GUIMARÃES, I.G. 2006 *Digestibilidade aparente, pela tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus), de alimentos extrusados*. Botucatu. 65p. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. UNESP.
- HANLEY, F. 1987 The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Amsterdam, 66: 163-179.
- HOSSAIN, M.A.; JAUNCEY, K. 1989 Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, Amsterdam, 83:59-72.
- JOHNSON, F.; WANDSVIK, A. 1991 The impact of high energy diets on pollution control in the fish farming industry. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FEEDING FISH IN OUR WATER: NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1991, Ontario. *Anais...* p.51-64.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Amsterdam, 250: 308-316.
- KUBARIK, J. 1997 Tilapia on highly flexible diets. *Feed International*, Califórnia, 6: 16-18.
- LEE, S.M. 2002 Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebasteschlegeli*). *Aquaculture*, Amsterdam, 207: 79-95.
- LIU, B-L.; RAFIQ, A.; TZENG, Y-M. 1998 The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme and Microbial Technology*, Amsterdam, 22: 415-424.
- LOVELL, T. 1981 Cottonseed meal in fish feeds. *Feedstuffs*, Califórnia, 53-52: 28-29.
- MARTIN, S. D. 1990 Gossypol effects in animal feeding can be controlled. *Feedstuffs*, Califórnia, 62: 14-7.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. 1996 Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, Amsterdam, 146: 109-119.
- McGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. 1996 Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, Amsterdam, 141: 233-244.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 32(6):1801-1809.
- NOSE, T. 1960 On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Salmo irideus* G). *Bulletin Freshwater Fish Research*, Inverness, 10: 11-20.
- NRC 1993 (National Research Council), Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, DC. 114p.
- OGUNJI, J.O. 2004 Alternative protein sources in diets for farmed. *Nutrition abstracts and reviews: series B*, 74(9): 23-32.
- PEZZATO, L.E.; Miranda, E.C, Barros, M.M.; Pinto, L.G.Q.; Furuya, W.M.; Pezzato, A.C. 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 31(4):1595-1604.
- PORTZ, L. 2001 *Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o "black bass" (Micropterus salmoides)*. Piracicaba. 88p. (Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP).

- RICHARD, J., LEE, J.K., DABROWSKI, K. 2003 Influence of gossypol from cottonseed meal on hematology, reproductive steroids and tissue gossypol enantiomer concentrations in male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture nutrition*, Bergen, 9: 275-282.
- RICHE, M.; BROWN, P.B. 1996. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, 142: 269-282.
- SADIKU, S.O.E.; JAUNCEY, K. 1995 Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L), fingerling. *Aquaculture Research*, Oxford, 26: 651-657.
- SAS (Statistical Analysis Systems Institute) 1995 *Use's guide, version 6. 4 ed.*, Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 365p.
- SMALL, B.C. ; AUSTIC, R.E.; JOSEPH Jr., H.S. 1999 Amino acid availability of four practical feed ingredients fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 30(1): 58-64.
- STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; PARKINSON, S. 2000 Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* III. Digestibility and growth using meat products. *Aquaculture*, Amsterdam, 186: 311-326.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; BAEVERFJORD, G. 2000 Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*, Amsterdam, 184: 115-132.
- SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.C. 1995 Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*). *Aquaculture*, Amsterdam, 138: 313-322.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.CACECI, T. 2000 Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, Amsterdam, 182: 317-327.
- UM, Y.Y.; LAM, T.J.; GUO, J.Y; 2000 Protein digestibility and amino acid availability of several protein sources for several protein sources for juvenile Chinese hairy crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards (Decapoda, Grapsidae). *Aquaculture Research*, Oxford, 31: 757-765.
- VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. 1998 Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, 163(3-4): 309-323.
- VIOLA, S.; ARIELI, Y. 1983 Nutrition studies in tilapia hybrids. II. The effects of oils supplement to practical diets for intensive aquaculture. *The Israeli Journal of Aquaculture*, Bamidgeh, 35: 44-52.
- WATANABE, F.S.; ONSANI, S.R. 1965 Soil Science Society American Proceedings, 29: 677.
- WILSON, R.P. 1985 Amino acid and protein requirements of fish. In: EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, C.B.; MAKIE, A.M. *Nutrition and feeding of fish*. London: Academic Press. p.1-16.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; POE, W.E. 1981 Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *Journal Nutrition*, London, 111: 923-929.
- ZIMMERMANN, S; FITZSIMMONS, K. 2004 Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: Tecart, p.239-266.