

Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta para pacu

Laurindo André Rodrigues^{1*}, Thiago El Hadi Perez Fabregat², João Batista Kochenborger Fernandes², Thiago Matias Torres Nascimento² e Nilva Kasue Sakomura³

¹Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio Norte, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, BR 343, km 35, Cx. Postal 341, 64200-970, Parnaíba, Piauí, Brasil. ²Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: laurindo@cpamn.embrapa.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade e o tempo de trânsito gastrointestinal (TTGI) de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta (FB) para pacus. Para avaliar a digestibilidade foram utilizados 288 pacus, em delineamento inteiramente casualizado, alimentados em aquários e transferidos para coletores do tipo Guelf Modificado, utilizando-se o método de coleta parcial de fezes. As rações foram marcadas com 1% de óxido de cromo para a determinação da digestibilidade das dietas. No ensaio de TTGI, 288 pacus foram distribuídos em 24 aquários em delineamento inteiramente casualizado e alimentados com rações contendo 1% óxido de titânio ou cromo, que apresentam cores diferentes, verde ou branca, respectivamente. Por meio de massagem abdominal foi averiguada periodicamente a cor das fezes, e o TTGI foi estabelecido quando as fezes de todos os peixes apresentaram cor verde. Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas e o TTGI foram reduzidos com aumento do nível de FB nas dietas. Conclui-se que em dietas para pacus pode-se empregar até 9% de FB sem efeito negativo na digestibilidade da energia, proteína, matéria seca e extrato etéreo e sem alterar o TTGI.

Palavras-chave: nutrição, peixes nativos, *Piaractus mesopotamicus*.

ABSTRACT. **Digestibility and gastrointestinal transit time of diets with increasing dietary fiber levels to pacu.** This work aimed to evaluate the effect of increasing dietary fiber levels on the digestibility and gastrointestinal transit time (GTT) for pacu. The digestibility trial used 288 pacu in a completely randomized design, fed in aquaria and transferred to a modified Guelf-type feces collector, using the partial sampling method. The inert marker on the diets was chromic oxide (1%) to establish the diet digestibility. In the GTT assay, 288 pacu were distributed in 24 aquaria in a completely randomized design. Fish were fed with two colored diets – green and white – and feces color was determined after abdominal pressure. The white and green diets used 1% of titanium and chromic oxides, respectively. Total GTT was determined when all fish showed green feces. The apparent digestibility coefficients and GTT of diets decreased as dietary fiber levels increased. These results indicated that 9% dietary fiber can be used in pacu diets without negative effects on energy, protein, crude fiber and ether extract digestibility and GTT.

Key words: nutrition, native fish, *Piaractus mesopotamicus*.

Introdução

A fibra dietária é uma complexa mistura de polímeros de carboidratos associados a outros componentes. A fibra não se constitui em um grupo químico definido, é combinação de substâncias quimicamente distintas como celulose, hemicelulose, pectina, lignina e polissacarídeos, constituintes da parede celular de plantas (THEBAUDIN et al., 1997). Os polissacarídeos não-amiláceos são os principais formadores da fibra, sendo divididos em solúveis e insolúveis (AMIRKOLAIE et al., 2005).

A composição da fibra pode variar bastante de acordo com a espécie e a idade da planta (ANDRIGUETO, 1981). A celulose e a lignina, por exemplo, em geral, aumentam significativamente de concentração com a maturação da planta (SCHNEEMAN, 1986). As propriedades físicas e químicas dos componentes que formam a fibra são importantes na determinação das respostas fisiológicas em função de sua inclusão na dieta (SCHNEEMAN, 1987; KRITCHEVSKY, 1988). Elevados níveis de fibras na dieta reduzem o tempo

de trânsito pelo aumento na secreção de fluídos endógenos, aumentando a ação do peristaltismo (WENK, 2001), o que pode ocasionar redução na digestibilidade dos nutrientes (KRITCHEVSKY, 1988; CHOCT, 1997).

Em estudo com fibra dietária, Montagne et al. (2003) relataram que as fibras solúveis aumentam o tempo de trânsito, prejudicam a absorção de glicose e reduzem a velocidade de absorção, enquanto fibras insolúveis reduzem o tempo de trânsito e aumentam a capacidade de retenção de água em animais monogástricos. Estudos com dietas para peixes demonstram alterações no crescimento e no aproveitamento da dieta quando o nível de fibra é elevado. Dioundick e Stom (1990) relataram que tilápias (*Oreochromis mossambicus*) alimentadas com 2,5 e 5% de celulose na dieta apresentaram crescimento melhor em relação àquelas alimentadas com dietas contendo 10% de celulose.

Por outro lado, Shiau e Liang (1994) relataram depleção no crescimento e digestibilidade dos nutrientes em alevinos de tilápias alimentados com rações com altos níveis de fibra pela redução da digestibilidade. Lanna et al. (2004) observaram, em estudo com tilápias (*Oreochromis niloticus*), que níveis crescentes de fibra bruta (FB) interferem significativamente na digestibilidade aparente e no tempo de trânsito gastrointestinal. Segundo Amirkolaie et al. (2005), a adição de até 8% de celulose em dietas de tilápia não apresenta efeitos adversos no crescimento e coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta. Hilton et al. (1983) relataram que as trutas arco-íris (*Salmo gairdneri*) se adaptam à elevação do nível de fibra, aumentando o consumo da dieta. Por outro lado, o coeficiente de digestibilidade da matéria seca é reduzido proporcionalmente de acordo com o aumento da fibra dietária.

Storebakken (1985) relatou que a inclusão de fibras solúveis, em dietas para trutas arco-íris, reduziu a digestibilidade da proteína e da gordura. Em contraste, Morita et al. (1982) observaram melhora no crescimento e na eficiência alimentar com o aumento da fibra. Dias et al. (1998) indicaram que a adição de 10 ou 20% de celulose em dietas de bass europeu (*Dicentrarchus labrax*) não alterou os resultados de crescimento, digestibilidade da proteína e a eficiência alimentar.

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é uma espécie amplamente cultivada no Brasil, possui ampla distribuição geográfica e pode ser encontrado desde a bacia dos rios Paraná-Paraguai até a bacia do rio do Prata. É espécie oportunista que varia a fonte de alimento de acordo com a sazonalidade. Em estudo sobre o regime alimentar do pacu foi encontrado no seu estômago folhas, resíduo vegetal e raramente restos e esqueletos de peixes e moluscos, constatando que se

trata de espécie frugívora-herbívora do tipo podador, e que pode tolerar níveis mais elevados de fibra em sua dieta. Realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar a influência de níveis crescentes de fibra bruta na digestibilidade da proteína, energia, matéria seca e extrato etéreo da dieta assim como no tempo de trânsito gastrointestinal em juvenis de pacu.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados na Universidade Estadual Paulista no Centro de Aquicultura (Caunesp), Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

O ensaio de digestibilidade das dietas foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, utilizando 24 aquários de 120 L e seis coletores de fezes cilíndrico-cônicos do tipo Guelf Modificado de 120 L. Foram utilizados 288 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com peso de $43,0 \pm 2,2$ g, em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições.

Os peixes foram alimentados durante cinco dias, sendo então transferidos em grupos provenientes de cada seis aquários para os coletores de fezes, segundo metodologia de Abimorad e Carneiro (2004). A temperatura da água manteve-se em 28°C. As análises do oxigênio dissolvido e pH da água foram realizadas durante o experimento com equipamentos eletrônicos.

As dietas experimentais foram formuladas com base nas exigências propostas para o pacu (FERNANDES et al., 2001) e continham níveis crescentes de fibra bruta (FB) (Tabela 1).

Tabela 1. Formulação e composição das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de fibra bruta (%)					
	5	7	9	11	13	15
Farelo de soja	37,6	35,9	29	23,1	17,5	14,5
Soja integral tostada	4,9	6,9	12,4	17,1	19,9	22,4
Farinha de peixe	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Milho	11,9	10,9	12,3	9,4	3,9	1,6
Amido de milho	24,9	22,4	14,9	9,9	3,9	0,4
Farelo de trigo	1,9	2,9	9,6	17,8	31,3	35,7
Óleo de soja	3,5	3,2	1,9	0,9	0,3	-
Suplemento ¹	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Calcário	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Celulose	1,6	4,1	6,2	8,1	9,5	11,7
Marcador ²	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100	100	100	100	100	100
Composição calculada						
Proteína Bruta (%)	25,72	25,74	25,74	25,73	25,72	25,72
Energia Bruta (kcal kg ⁻¹)	3.992	3.913	3.863	3.819	3.795	3.730
Energia Digestível (kcal kg ⁻¹)	3.132	3.106	3.140	3.158	3.176	3.165
Extrato Etéreo%	6,53	6,60	6,55	6,53	6,55	6,65
Fibra Bruta %	5,04	7,07	9,20	11,26	13,27	15,37
Matéria Mineral %	5,44	5,48	5,69	5,94	6,34	6,48
Calcio (%)	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	1,59
Fosforo total (%)	0,66	0,67	0,73	0,79	0,88	0,91
Fosforo útil (%)	0,44	0,44	0,45	0,46	0,49	0,50

¹Suplemento vitamínico mineral Rovimix®: Vitaminas A: 500.000UI; D3: 200.000UI; E: 5.000UI; K3: 1.000 mg; B1: 1.500 mg; B2: 1.500 mg; B6: 1.500 mg; B12: 4.000 mg; C: 15.000 mg; ácido fólico: 500 mg; ác. Pantotênico: 4.000 mg; BHT: 12,25g; biotina: 50 mg; inositol: 1.000 mg; nicotinamida: 7.000 mg; colina: 40 g; cobalto: 10 mg; cobre: 500 mg; ferro: 5.000 mg; iodo: 50 mg; manganês: 1.500 mg; selênio: 10 mg; zinco: 5.000 mg; veículo qsq: 1.000 g. ²óxido de cromo ou óxido de titânio.

A energia digestível das dietas foi calculada de acordo com os coeficientes de digestibilidade dos ingredientes apresentados por Abimorad e Carneiro (2004) e Fabregat et al. (2008). Foi adicionado 1% de óxido de cromo como marcador inerte e a principal fonte de fibra empregada nas rações foi a celulose (RHOSTER®, microfina, com 98% de pureza e 78% de FB).

O cromo foi determinado pela metodologia de Furukawa e Tsukahara (1966) e a leitura em absorbância pelo espectrofotômetro de absorção atômica. Foram determinados os coeficientes de digestibilidades aparentes (CDA) da proteína, energia, matéria seca e extrato etéreo por meio da equação utilizada por Fabregat et al. (2008):

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

em que:

$\%Cr_2O_{3r}$ = percentual de óxido de cromo na dieta;

$\%Cr_2O_{3f}$ = percentual de óxido de cromo nas fezes;

Nr = nutrientes na ração;

Nf = nutrientes nas fezes.

O experimento de tempo de trânsito gastrointestinal foi realizado no Laboratório de Peixes Ornamentais com duração de dez dias. A temperatura da água dos aquários foi mantida a 28°C com utilização de aquecedor com termostato. As análises de oxigênio dissolvido e pH da água dos aquários foram realizadas no início e final do experimento.

Foram utilizados 288 juvenis de pacu, com peso de $48,25 \pm 3,06$ g, distribuídos em 24 aquários de 200 L, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Para se determinar o momento em que o animal completou o tempo de trânsito gastrointestinal foram adicionados marcadores nas dietas (Tabela 1). Uma dieta foi acrescida de 1% de óxido de titânio, que lhe conferiu cor branca (dieta branca); e à outra foi adicionado 1% de óxido de cromo que lhe conferiu cor verde (dieta verde).

Durante cinco dias, os peixes foram alimentados com dieta branca antes de trocar para dieta verde. A partir do momento em que os peixes foram alimentados com a dieta verde foi marcado o horário inicial e, a partir daí, começou a contar o tempo de trânsito gastrointestinal. Oito horas após o início e a cada 2h foram coletadas as fezes.

Para a coleta das fezes, os peixes foram anestesiados com benzocaina ($1 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$ de água) e a coleta foi feita por massagem abdominal para averiguação da cor das fezes. A cada verificação eram dadas notas (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0), em função da tonalidade de cor verde das fezes. Quando todas as repetições apresentaram fezes totalmente verdes (média = 1,0) foi considerado completo o tempo de trânsito gastrointestinal (STOREBAKKEN et al., 1998).

Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS para Windows versão 9.1, sendo os resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F. Quando foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

Resultados e discussão

Nos dois experimentos, a média de temperatura da água dos aquários se manteve próxima de 28°C, o teor de oxigênio dissolvido médio foi de $7,56 \text{ mg L}^{-1}$ e a média de pH foi 7,40. Nas duas situações, os parâmetros de qualidade da água permaneceram dentro dos padrões estabelecidos para peixes tropicais (BOYD, 1990).

Os resultados de digestibilidade aparente da proteína, energia, matéria seca e extrato etéreo das dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta na alimentação de juvenis de pacu estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), matéria seca (CDAMS) e extrato etéreo (CDAEE) de dietas contendo níveis crescentes de fibra na alimentação de juvenis de pacu.

% fibra bruta	CDAPB (%)	CDAEB (%)	CDAMS (%)	CDAEE (%)
5	90,03a	81,77a	77,31a	96,03a
7	89,80a	79,41a	74,29a	94,95a
9	88,87a	72,09ab	66,35ab	94,97a
11	83,89b	59,77bc	51,57bc	91,64b
13	82,78bc	46,07c	36,01c	88,33c
15	78,87c	46,36c	40,61c	89,50bc
CV	3,43	14,12	19,02	1,75

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, da energia, da matéria seca e extrato etéreo da dieta apresentaram redução significativa em função dos níveis de inclusão da fibra ($p < 0,05$). Até 9% de fibra bruta na dieta, não houve alteração significativa na digestibilidade das dietas. Ao ultrapassar este nível de inclusão de fibra na dieta, ocorreu redução nos valores de digestibilidade da proteína, energia, matéria seca e extrato etéreo.

Segundo Kritchevsky (1988), o uso de fibras insolúveis reduz a atividade de enzimas digestivas como amilase, lipase, tripsina e quimiotripsina; o

que pode ter proporcionado a redução na digestibilidade apresentada pelos pacus.

Os resultados apresentados pelo pacu (Tabela 2) diferem dos encontrados por Hansen e Storebakken (2007), em estudo com trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Esses autores observaram que com a inclusão de até 15% de celulose como fonte de fibra, não houve alteração dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Dias et al. (1998) não verificaram efeito na digestibilidade da proteína em “European sea bass” (*Dicentrarchus labrax*) alimentados com 10 e 20% de celulose na dieta. Hilton et al. (1983) relatam que a elevação do nível fibra bruta, com inclusão de celulose, reduz o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca da dieta indicando que a digestibilidade da fibra não é significativamente diferente de zero.

Amirkolaie et al. (2005), em trabalho com tilápias, verificaram que 8% de celulose, como fonte de fibra, não alterou o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, entretanto o emprego da goma guar, como fonte de fibra, proporcionou efeito negativo na digestibilidade.

A digestibilidade da proteína é mais afetada quando se utiliza fibra solúvel (pectina, goma guar) como fonte de fibra do que fibra insolúvel (celulose) que apresenta, na maioria dos casos, efeitos marginais (BACH KNUDSEN, 2001). Entretanto, níveis elevados de fibras insolúveis na dieta podem reduzir a digestibilidade dos nutrientes da dieta (CHOCT, 1997).

A redução da digestibilidade da energia e do EE nos maiores níveis de fibra pode ser atribuída ao fato da fibra agir na captação de micelas de gordura no intestino reduzindo a disponibilidade da energia (MADAR; THORNE, 1987).

Neste estudo, os níveis acima de 9% de fibra provocaram efeito negativo na digestibilidade, o que pode ser atribuído à característica da fibra insolúvel de reter maior quantidade de água no bolo alimentar dificultando a ação dos sais biliares e enzimas digestivas (THEBAUDIM et al., 1997; MONTAGNE et al., 2003).

O tempo de trânsito gastrointestinal foi alterado com a elevação dos níveis de fibra bruta na dieta acima de 9% (Tabela 3). Os resultados apresentaram duas modas para dois grupos de animais. Os animais alimentados com dietas contendo 5, 7 e 9% de fibra bruta tiveram o tempo de trânsito completo em 20h após a alimentação, enquanto os animais alimentados com níveis mais elevados (11, 13 e 15%) demonstraram redução no tempo de trânsito ($p < 0,05$), completando-o em 18h.

Tabela 3. Média das notas atribuídas às tonalidades de verde das fezes de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta, em experimento para determinação do tempo de trânsito gastrointestinal.

Fibra bruta na dieta (%)	Tempo de trânsito		
	16h	18h	20h
5	0,70Aa	0,89Aa	1,00Ba
7	0,70Aa	0,90Aa	1,00Ba
9	0,75Aa	0,89Aa	1,00Ba
11	0,78Aa	1,00Bb	1,00Ba
13	0,82Aa	1,00Bb	1,00Ba
15	0,75Aa	1,00Bb	1,00Ba

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Letras maiúsculas na linha representam os tempos de coleta e minúsculas na coluna os tratamentos.

Segundo Montagne et al. (2003), a elevação da fibra na dieta provoca aceleração do fluxo gastrointestinal causando perdas endógenas, com consequente redução do tempo de trânsito e da digestibilidade da proteína e extrato etéreo. Quando materiais indigestíveis são adicionados à dieta, o alimento passa mais rapidamente pelo tubo digestório pelo aumento de volume (CHOCT, 1997). O alto nível de fibra insolúvel, como celulose, aumenta os movimentos peristálticos e com isso reduz o tempo de trânsito (WENK, 2001).

A redução no tempo de retenção do bolo alimentar foi determinada para os maiores níveis de inclusão de fibra bruta. Sugere-se que a capacidade das dietas com altos níveis de fibra de reter mais água possa ter contribuído com a redução do tempo de trânsito.

A retenção do bolo alimentar pelo trato digestório do animal é responsável pelo tempo que o alimento fica exposto aos processos digestivos e absorptivos do organismo e a redução do tempo de retenção influencia a eficiência desses processos (NRC, 1993).

Os resultados verificados na determinação do tempo de trânsito gastrointestinal das dietas corroboram os menores coeficientes de digestibilidade aparente observados pela adição de altos níveis de fibra bruta na dieta, resultado provável de menor digestão e absorção dos nutrientes e, consequentemente, redução na digestibilidade da dieta.

Conclusão

A inclusão de fibra bruta em dietas para juvenis de pacu pode ser de até 9%, sem efeito negativo na digestibilidade dos nutrientes da dieta e no tempo de trânsito gastrointestinal.

Agradecimentos

Agradeço à Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudo que viabilizou a realização deste trabalho de pesquisa.

Referências

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- AMIRKOLAIE, A. K.; LEENHOUWER, J. I.; VERRETH, J. A. J.; SCHRAMA, J. W. Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 12, p. 1157-1166, 2005.
- ANDRIGUETO J. M. **As bases e os fundamentos da nutrição animal**: os alimentos. São Paulo: Nobel, 1981.
- BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1-3, p. 3-20, 2001.
- BOYD, E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University, 1990.
- CHOCT, M. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, v. 37, n. 6, p. 609-621, 1997.
- DIAS, J.; HUELVA, C.; DINIS, M. T.; MÉTALIER, R. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and natural zeolite) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass *Dicentrarchus labrax* juveniles. **Aquatic Living Resources**, v. 11, n. 4, p. 219-226, 1998.
- DIOUNDICK, O. B.; STOM, D. I. Effects of dietary-cellulose levels on the juvenile tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, v. 91, n. 3-4, p. 311-315, 1990.
- FABREGAT, T. E. H. P.; FERNANDES, J. B. K.; RODRIGUES, L. A.; BORGES, F. F.; PEREIRA, T. S.; NASCIMENTO, T. M. T. Determinação da digestibilidade aparente da energia e proteína de alimentos selecionados para juvenis de Pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 4, p. 459-465, 2008.
- FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 617-626, 2001.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 32, p. 502-506, 1966.
- HANSEN, J. O.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet and nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 272, n. 1-4, p. 458-465, 2007.
- HILTON, J. W.; ATKINSON, J. L.; SLINGER, S. J. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout *Salmo gairdneri*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 40, n. 1, p. 81-85, 1983.
- KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber. **Annual Reviews of Nutrition**, v. 8, p. 301-328, 1988.
- LANNA, E. A. T.; PEZZATO, L. E.; CECON, P. R.; FURUYA, W. M.; BOMFIM M. A. D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função de fibra da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 8, p. 2186-2192, 2004.
- MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 11, n. 2, p. 153-174, 1987.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interaction between dietary fibre and the mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.
- MORITA, K.; FURUICHI, M.; YONE, Y. Effect of carboxymethylcellulose supplemented to dextrin-type containing diets on the growth and feed efficiency of red sea bream. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 48, p. 1617-1620, 1982.
- NRC-National Research Council. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993.
- SCHNEEMAN, B. O. Dietary fiber: physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. **Food Technology**, v. 40, n. 1, p. 104-110, 1986.
- SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber. Different physiological responses. **Food Technology**, v. 41, n. 1, p. 81-82, 1987.
- SHIAU S. Y.; LIANG, H. S. Nutrient digestibility and growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, as influenced by agar supplementation at two dietary protein levels. **Aquaculture**, v. 127, n. 1, p. 41-48, 1994.
- STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds I. Effects of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v. 47, n. 1, p. 11-26, 1985.
- STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I. S.; SHEARER K. D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S. J.; BERGE, G. M. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon *Salmo salar*: evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture**, v. 169, n. 3-4, p. 195-210, 1998.
- THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 41-48, 1997.
- WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1-2, p. 21-33, 2001.

Received on October 30, 2009.

Accepted on March 24, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.