



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina
Brasil

Rodrigues Goulart, Fernanda; Sefrin Speroni, Caroline; de Menezes Lovatto, Naglezi;
Bianch Loureiro, Bruno; Corrêia, Viviane; Radünz Neto, João; Picolli da Silva, Leila
Atividade de enzimas digestivas e parâmetros de crescimento de juvenis de jundiá
(*Rhamdia quelen*) alimentados com farelo de linhaça in natura e demucilada
Semina: Ciências Agrárias, vol. 34, núm. 6, novembro-diciembre, 2013, pp. 3069-3080
Universidade Estadual de Londrina
Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744136041>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Atividade de enzimas digestivas e parâmetros de crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com farelo de linhaça *in natura* e demucilada

Activity of digestive enzymes and growth parameters of juvenile jundiá (*Rhamdia quelen*) fed linseed meal *in natura* and demucilaged

Fernanda Rodrigues Goulart^{1*}; Caroline Sefrin Speroni²;
Naglezi de Menezes Lovatto¹; Bruno Bianch Loureiro³; Viviane Corrêia⁴;
João Radünz Neto⁵; Leila Picolli da Silva⁵

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial da proteína de origem animal (PBOA) pela proteína bruta dos farelos de linhaça demucilada (PBFLD) e *in natura* (PBFL) na dieta de jundiás, sobre parâmetros de crescimento e enzimáticos digestivos. Os tratamentos avaliados foram: dieta controle; 17%FL (farelo de linhaça *in natura*): 17% substituição da PBOA pela PBFL; 17%FLD (farelo de linhaça demucilada): 17% substituição da PBOA pela PBFLD e 35%FLD: 35% de substituição da PBOA pela PBFLD. Durante sete semanas, 240 juvenis de jundiá (14,49±1,85 g) foram criados em sistema de recirculação de água e alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia. Ao final do experimento foram avaliados parâmetros de crescimento, carcaça, composição centesimal no peixe inteiro e enzimas digestivas. Os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram melhores valores de conversão alimentar ($p<0,05$), no entanto, o restante dos parâmetros de crescimento não foram alterados pela inclusão dos FL e FLD. Não foram observadas diferenças significativas para relação hepatossomática (RHS) e relação digestivosomática (RDS). A dieta 35%FLD apresentou menor quociente intestinal (QI), teor de umidade e maior teor de gordura da carcaça, gordura total depositada e atividade da enzima tripsina. Pode-se concluir que os FL e FLD podem ser usados como substitutos da farinha de carne e ossos para compor a dieta de juvenis de jundiá como fonte alternativa e econômica.

Palavras-chave: Nutrição, peixe, fontes vegetais, polissacarídeos não amiláceos

Abstract

This study was conducted out to evaluate the effect of partial replacement of animal protein (PBOA) for crude protein demucilaged linseed meal (PBFLD) and *in natura* (PBFL) in the diet of jundiá on growth parameters and digestive enzyme. The treatments were: control diet; 17%FL (linseed meal *in natura*): 17% replacement of the PBOA by PBFL; 17%FLD (demucilaged linseed meal): 17% replacement PBFLD by PBOA and 35%FLD: 35% replacement PBFLD by PBOA. Over seven week, 240 juvenile jundiá (14.49

¹ Zootecnistas, Mestres em Produção Animal, Discentes de Doutorado em Produção Animal da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: fernanda.zoo@bol.com.br; naglezilovatto@hotmail.com

² Licenciada em Química, Discente de Mestrado em Tecnologia e Ciência dos Alimentos, UFSM, Santa Maria. RS. E-mail: carolinesperoni@gmail.com

³ Discente de Graduação, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: brunodino_zoo@hotmail.com

⁴ Zootecnista, Dr^a em Produção Animal, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: vivianicorreia@hotmail.com

⁵ Eng^{os} Agr^{os}, Profs. Drs. do Dept^o de Zootecnia, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: leilasliva@yahoo.com.br; jradunzneto@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

± 1.85 g) were reared in water recirculation system and fed to apparent satiation three times a day. At the end experimental parameters were evaluated for growth, carcass, chemical composition in whole fish and digestive enzymes. The fish fed control diet had best levels of feed conversion ($p < 0.05$), however the remainder of the growth parameters were not altered by the inclusion of FL and FLD. There were no significant differences in hepatosomatic relation (RHS) and digestivosomatic relation (RDS). Diet 35%FLD had a lower intestinal quotient (QI), moisture content and higher carcass fat, total fat deposited and activity of the enzyme trypsin. It can be concluded that the FLD and FL can be used as a substitute of meat meal to the diets in juvenile jundia feed as an alternative source and cost.

Key words: Nutrition, fish, plant sources, non-starch polysaccharides

Introdução

Em sistemas de cultivo intensivo de peixes é necessário o emprego de dietas nutricionalmente balanceadas. Porém, o gasto com alimentação poderá representar de 60 a 80% dos custos de produção (PASCOAL; MIRANDA; SILVA FILHO, 2006), sendo que grande parte destes valores é originário do elevado valor de fontes proteicas de origem animal, principalmente das farinhas de carne e ossos e de peixe, as quais são amplamente utilizadas. Neste âmbito, uma das alternativas para otimizar os gastos com alimentação é a utilização de produtos e co-produtos de origem vegetal (SANTOS et al., 2008), como prática econômica alternativa (NAYLOR et al., 2009).

Fontes vegetais apresentam vantagens em relação aos ingredientes de origem animal, tais como, composição química homogênea, baixo custo e maior disponibilidade no mercado (PEDRON et al., 2008; SINHA et al., 2011). Porém, muitas delas são constituídas de altos níveis de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (MEURER; HAYASHI, 2003), como aqueles que formam a mucilagem, presente no farelo de linhaça. Estes PNAs tem facilidade em se incorporar à água e formar géis no trato gastrintestinal de animais não ruminantes, retardando o esvaziamento gástrico e reduzindo a ingestão de alimentos, o que resulta em menor ganho de peso (RODRÍGUEZ et al., 2001; ALZUETA et al., 2002; JIA; SLOMINSKI, 2010).

A semente de linhaça é composta por cerca de 35% de fibra, das quais 2/3 é fibra insolúvel, constituída de celulose, hemicelulose e lignina e 1/3

de fibra solúvel, a qual grande parte (cerca de 8% do seu peso) se encontra na forma de mucilagem ou goma (TARPILA; WENNBORG; TARPILA, 2005), cuja sua composição consiste em xilose (19-38%), ácido galacturônico (21-36%), rhamnose+fucose (11-16%), galactose (12-16%), arabinose (8-13%) e pequena quantidade de glicose (4-6%) (WANNERBERGER; NYLANDER; NYMAN, 1991; OOMAH et al., 1995; CUI; MAZZA, 1996). O rendimento de extração da mucilagem é dependente do regime de extração, podendo variar de 3,5-9,4% (MAZZA; BILIADERIS, 1989; FEDENIUK; BILIADERIS, 1994; OOMAH et al., 1995).

Leenhouwers et al. (2006), testaram níveis de inclusão de goma guar na dieta de bagre africano (*Clarias gariepinus*) e verificaram aumento da viscosidade intestinal com níveis de inclusão de 40 g kg⁻¹ e 80 g kg⁻¹ de PNA. Entretanto, a taxa de crescimento relativo e conversão alimentar não foram afetadas. Em dietas de frangos, a mucilagem da linhaça não alterou a digestibilidade ileal aparente de proteína bruta e aminoácidos, porém, a digestibilidade aparente de ácidos graxos e gordura foram negativamente influenciadas pelo nível de inclusão de mucilagem de linhaça (REBOLÉ et al., 2002). Sendo assim, baixas proporções de farelo de linhaça têm sido utilizadas em dietas de animais não ruminantes. Segundo Alzueta et al. (2002), uma forma de diminuir estes fatores é por meio da remoção da mucilagem, pois proporciona melhorias no seu valor nutritivo, devido a redução da viscosidade da digesta, fazendo com que os nutrientes sejam melhor aproveitados.

O melhor aproveitamento de fontes protéicas

de origem vegetal é especialmente importante na nutrição de peixes de hábito alimentar onívoro como o jundiá (*Rhamdia quelen*). Pois esta espécie tem demonstrado grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura brasileira, uma vez que se adapta em ampla faixa de temperatura e à alimentação artificial formulada com distintos ingredientes.

Estudos sobre secreções digestivas em peixes têm ajudado a definir os limites de proteína e carboidratos na dieta uma vez que, a partir do perfil de enzimas digestivas, é possível prognosticar a habilidade das diversas espécies em utilizar diferentes nutrientes (LUNDSTEDT; MELO; MORAES, 2004; FURNÉ et al., 2005). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a substituição parcial da proteína bruta de origem animal pela proteína bruta dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada sobre parâmetros de crescimento e enzimas digestivas de juvenis de jundiá.

Material e Métodos

Local

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS (altitude 95 m, longitude 29°43'S, latitude 53°42'W), entre os meses de fevereiro a abril de 2011, após aprovação do Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da UFSM, sob nº 23081.004070/2011-41.

Obtenção do farelo demucilado de linhaça

A linhaça (variedade Normandy) foi obtida da Indústria de óleos vegetais Giovelli, localizada em Guarani da Missões - RS. A mucilagem da linhaça foi extraída do grão inteiro em meio aquoso, na concentração 10%p/v, sob temperatura de 60 a 80°C e agitação constante, por 150 minutos. O sobrenadante foi retirado e acrescido de etanol 93% (concentração alcoólica final de 75%), com

a finalidade de precipitar a fibra solúvel. Os grãos foram secos em estufa de ar forçado a 50°C por 48 horas. O procedimento de extração teve como base experimental a metodologia descrita por Monego (2009). Após a secagem do grão demucilado, foi extraído o óleo deste e do grão integral, por meio de solvente orgânico hexano, na concentração 2:1(v/p), por 30 minutos cada lavagem, realizando-se quatro lavagens.

Ensaio de crescimento

Instalações

Foram utilizadas 12 caixas de polipropileno com capacidade de 320 L (280 litros de volume útil), com entrada e saída individuais, dispostas em sistema de recirculação de água, dois filtros biológicos com pedra britada e um reservatório (2000L), com temperatura controlada e sistema de aeração.

Peixes

Foram utilizados 240 juvenis de jundiá (20 animais por unidade experimental), com peso e comprimento médio inicial de 14,49±1,85g e 11,74±0,61 cm, oriundos do Laboratório de Piscicultura da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo - RS. Os peixes passaram por período de adaptação de dez dias recebendo ração peletizada com 36% de proteína bruta, atendendo as exigências nutricionais da espécie.

Dietas experimentais

Os peixes foram alimentados por sete semanas com dietas em que a proteína bruta dos farelos de linhaça demucilada (forma reduzida de hidrocolóide) e *in natura* substituíram parcialmente a proteína de origem animal (Tabela 1). As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências de 37% de PB conforme Meyer e Fracalossi (2004), cerca de 3200 kcal ED kg⁻¹ e aminoácidos conforme Montes-Girao e Fracalossi (2006).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais expressa em porcentagem.

Ingredientes (%)	Tratamentos ¹			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
Farinha de carne e ossos	30,00	24,90	24,90	19,50
Milho	19,50	20,00	20,00	15,00
FADE ²	3,70	2,50	3,00	0,00
SPC60 ³	26,00	25,00	25,00	26,30
Farelo de linhaça <i>in natura</i>	0,00	10,57	0,00	0,00
Farelo de linhaça demucilada	0,00	0,00	9,45	19,45
Amido de milho	2,40	2,70	5,20	8,00
Óleo de soja	3,50	3,00	5,50	8,50
PVM ⁴	3,00	3,00	3,00	3,00
Fosfato bicálcico	3,64	1,50	1,19	0,00
Glutamato monossódico	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT ⁵	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcário calcítico	2,20	1,50	1,20	0,00
Inerte ⁶	5,80	5,07	1,30	0,00
DL-metionina	0,00	0,21	0,21	0,10
Composição centesimal ⁷				
Umidade	5,58	5,61	5,40	4,60
PB	37,11	36,25	36,34	36,20
Lisina	2,04	1,94	1,95	1,91
Metionina+cistina	1,37	1,35	1,34	1,34
Ca	3,78	2,68	2,48	1,40
P	1,99	1,42	1,35	0,85
EE	10,34	10,59	12,61	15,70
FDN	6,31	11,65	9,72	12,77
FS ⁸	1,45	3,67	1,47	2,84
MM	10,21	13,48	7,87	6,03
ED (kcal/kg) ⁹	3218	3201	3200	3183

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos;

PB = Proteína bruta; ED = Energia digestível; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente Neutro; MM = Matéria Mineral; FCO: Farinha de carne e ossos; ²FADE: farelo de arroz desengordurado; ³SPC60: concentrado protéico de soja 60%; ⁴PVM = Premix vitamínico e mineral: composição (por kg de produto/ Migfish 1%): Ác. Fólico: 299,88 mg, Ác. Ascórbico: 15.000,12 mg, Ác. Pantotênico: 3.000,10 mg, Biotina: 0,06 mg, Niacina (B3): 9.000,32 mg, Colina (B4): 103.500,00 mg, Vit.A: 1.000.000,00 UI, Vit. B1: 1.500,38 mg, Vit. B2: 1.500,0 mg, Vit. B6: 1.500,38mg, Vit. D3: 240.000,00 UI, Vit. E: 10.000,00mg, Vit. K3: 400,00 mg, Inositol: 9.999,92 mg, Ferro: 6.416,80mg, Manganês: 8.000,40mg, Cobre: 1.000,00mg, Zinco: 13.999,50mg, Iodo: 45,36mg, Cobalto: 60,06mg, Selênio: 60,30 mg, Magnésio: 5,10mg, Cloro: 2,30%, Enxofre:0,01%.

⁵Butil hidróxi tolueno (BHT).

⁶Areia.

⁷Valores calculados e expressos na matéria natural.

⁸Valores analisados no Laboratório de Piscicultura da UFSM e expressos na matéria natural.

⁹Calculada : Energia digestível (ED)= [(PB*5,65 *0,85)+(EE*9,4*0,9)+(CSDN*4,15*0,7)] (ajustada de acordo com Meyer, Fracalossi e Borba, 2004).

Fonte: Elaboração dos autores.

Os tratamentos foram os seguintes: dieta controle (farinha de carne e ossos + concentrado protéico de soja 60%); dieta 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 35%FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB farinha de carne e ossos.

substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos.

Estas dietas experimentais foram confeccionadas no Laboratório de Piscicultura (UFSM). Os ingredientes secos (moídos e pesados) foram homogeneizados manualmente e logo em seguida peletizados em moedor de carne. As rações foram secas em estufa (50°C) por 24 horas.

Manejo alimentar

As dietas testadas foram oferecidas aos peixes diariamente em três porções (9h, 13h e 17h), atendendo às exigências nutricionais da espécie e determinadas em função da biomassa total de cada caixa. As oito e às 16 horas, foram realizadas sifonagens, para facilitar a remoção da matéria orgânica acumulada.

Parâmetros físicos e químicos da água

A temperatura da água foi monitorada diariamente, com termômetro de bulbo de mercúrio e o oxigênio dissolvido na água foi aferido com o auxílio de oxímetro digital (YSYellowsprings – USA), semanalmente. Os demais parâmetros de qualidade da água, tais como, pH, alcalinidade, amônia total e dureza total foram analisados semanalmente através de kit colorimétrico Alfakit® e nitrito (ppm) foi analisado pelo método descrito por Boyd e Tucker (1992). Os parâmetros de qualidade de água do sistema de criação durante o período experimental foram os seguintes: temperatura (24,9±1,51°C), amônia total (0,1±0,06 ppm), nitrito (0,1±0,1 ppm), alcalinidade (48,77±13,70 mg CaCO₃/L), dureza (56,38±34,61 mg CaCO₃/L), pH (7,28±0,25) e oxigênio dissolvido (6,72±0,43 ppm), estando dentro da faixa ideal para cultivo de jundiá (BALDISSEROTTO; RADÚNZ NETO, 2004).

Coleta de dados e variáveis avaliadas

As biometrias para coleta dos dados foram realizadas nas semanas 0, 4 e 7. Para tais procedimentos, os animais passaram por jejum de 24 horas e foram anestesiados com Eugenol (20mg/litro) (CUNHA et al., 2010). A partir dos dados coletados, foram estimados os seguintes parâmetros: peso médio individual (g); biomassa (B); taxa de crescimento específico (TCE): $[(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{dias}] \times 100$, sendo: ln= logaritmo neperiano; fator de condição (FC): $\text{peso}/(\text{comprimento total})^3 \times 100$ e conversão alimentar aparente (CAA): alimento consumido/ganho em peso. No final do período experimental foram abatidos nove animais por tratamento para determinação da composição centesimal e nove animais para determinação de quociente intestinal (QI): (comprimento do trato digestório/comprimento total do peixe); relação hepatossômica (RHS) (%): $(\text{peso fígado}/\text{peso do peixe inteiro}) \times 100$; e relação digestivosômica (RDS) (%): $(\text{peso do trato digestório}/\text{peso do peixe inteiro}) \times 100$. A proteína bruta foi determinada pelo método de microKjeldahl (método 960.52) usando o fator N x 6,25, o teor de umidade e o conteúdo de cinzas foram determinados de acordo com AOAC (1995). A gordura foi extraída e quantificada seguindo o método de Bligh e Dyer (1959).

A retenção de nutrientes foi calculada a partir das equações:

- Proteína corporal depositada (g): $\text{PBDT} = [\text{Pf} * (\% \text{PBCf}/100)] - [\text{Pi} * (\% \text{PBCi}/100)]$;

- Gordura corporal depositada (g): $\text{GTD} = [\text{Pf} * (\% \text{GCf}/100)] - [\text{Pi} * (\% \text{GCI}/100)]$;

Em que: Pf= peso final; Pi= peso inicial; PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; gordura corporal inicial; GCf: gordura corporal final;

Atividade de enzimas digestivas

Foram abatidos três animais (secção da medula cervical) por unidade experimental para coleta do trato digestório. O intestino e estômago foram homogeneizados em solução tampão (10mM Fosfato/20mM Tris) para a determinação das enzimas tripsina, quimiotripsina e amilase intestinal e protease ácida do estômago. Logo após, as amostras foram centrifugadas e os sobrenadantes usados nos ensaios como fonte enzimática.

Para determinação da atividade da enzima tripsina, TAME (α -p-toluenesulphonyl- L-arginine methyl ester hydrochloride) foi utilizado como substrato. Os extratos de intestino foram incubados por 2 minutos em 2 ml de tampão Tris/CaCl₂, em pH 8,1. Já para a determinação da quimiotripsina utilizou-se como substrato BTEE (benzoyl tyrosine ethyl Ester). A incubação dos extratos foi realizada por dois minutos com tampão tris/CaCl₂ (2 ml), em pH 7,8. A atividade da tripsina foi expressa em Mmol de TAME hidrolizado/ minuto /mg proteína e a quimiotripsina em Mmol de BTEE/minuto/ mg proteína. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em absorbância 247 e 256 nm, respectivamente, seguindo a metodologia descrita por Hummel (1959).

A atividade da enzima protease ácida foi determinada com tampão KCl 0,2M, em pH 1,8, utilizando-se como substrato caseína 1,5%. As amostras foram incubadas por 40 min à 30°C. A reação foi interrompida com TCA 15%. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos e a leitura realizada em espectrofotômetro a 280 nm. A atividade da protease ácida foi determinada

de acordo com Kunitz (1947), com algumas modificações por Hidalgo, Urea e Sanz (1999).

A atividade de amilase foi determinada em tampão fosfato-citrato (0,2 M, pH 7,0, NaCl 0,5%) com concentração de amido de 2,5%. A reação foi interrompida com a adição de ZnSO₄ 5% e Ba(OH)₂ 0,3 N. A atividade amilohidrolítica foi estimada segundo o método proposto por com Bernfeld (1955) modificado. A determinação da hidrólise do amido foi segundo metodologia descrita por Park e Johnson (1949). A leitura foi realizada em 660 nm.

A proteína dos extratos brutos foi determinada pelo método de Lowry et al. (1951), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey em caso de diferenças ($p < 0,05$). Para a realização das análises, foi utilizando o pacote estatístico SPSS (versão 8.0).

Resultados e Discussão

Não foram observadas diferenças significativas para as medidas zootécnicas e biométricas entre os animais submetidos às distintas dietas experimentais (Tabela 2), o que pode estar relacionado com o hábito alimentar do jundiá, pois é uma espécie onívora, a qual consegue bom aproveitamento de ingredientes vegetais.

Tabela 2. Variáveis de crescimento de jundiás até o final do período experimental (sete semanas de alimentação).

	Tratamentos ¹			
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD
	Inicial			
P(g)	14,5±2,02	14,58±1,73	14,45±1,89	14,43±1,78
BT (g)	290,2±11,23	291±9,99	289,1±12,27	288,47±2,48
	Final			
P(g)	45,74±11,64	47,13±13,74	48,71±13,30	45,97±13,44
BT (g)	686,3±64,47	761,0±54,98	730,78±65,02	730,3±4,57
S (%)	100	100	100	100
CT (g)	493,20±25,68 ^a	721,43±52,59 ^b	690,95±71,29 ^b	662,62±52,92 ^b
FC	1,01±0,14	1,05±0,07	1,03±0,06	1,02±0,06
TCE (%/dia)	2,25±1,14	2,3±0,06	2,28±0,06	2,26±0,19
CAA	1,12±0,12 ^b	1,40±0,11 ^a	1,41±0,10 ^a	1,36±0,11 ^a
GPR (%)	215,85±22,77	222,95±10,49	237,3±11,76	218,55±30,40
PBTD	4,57±0,41	4,7±0,24	5,25±0,46	5,3±0,81
GTD	3,87±0,18 ^b	4,79±0,24 ^{ab}	4,96±0,90 ^{ab}	5,7±1,50 ^a

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do Farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; P: peso; BT: biomassa total; S: sobrevivência; CT: consumo total; FC: fator de condição; TCE: taxa de crescimento específico; CAA: conversão alimentar aparente; GPR: ganho em peso relativo, PBTD: proteína bruta total depositada; GTD: gordura total depositada. Médias (±DP). Letras diferentes nas linhas da tabela representam diferença significativa (p<0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Pedron et al. (2008) não observaram efeitos dos fatores estudados (fontes e níveis de fibra) para as variáveis de crescimento em jundiá. Avaliando a substituição da farinha de peixe por fontes vegetais na dieta de truta (*Oncorhynchus mykiss*) e “sea bream” (*Sparus aurata*), Santigosa et al. (2008) observaram diminuição no crescimento destas espécies, porém, não proporcional ao nível de inclusão.

Em trabalhos realizados com carpa húngara (*cyprinus carpio*), Bergamin et al. (2011), testaram a substituição parcial da proteína de farinha de carne suína (PFCS) por fontes protéicas vegetais e encontraram menor desempenho de crescimento nos animais que receberam a dieta com 50% de substituição da PFCS por farelo de linhaça. Hasan, Macintosh e Jauncey (1997) também avaliaram a utilização de ingredientes vegetais como fonte protéica e não observaram diferenças significativas nas respostas de crescimento e taxa de conversão alimentar entre a dieta controle e dieta contendo

25% de linhaça.

Sugere-se que os bons resultados obtidos no tratamento 17%FL no presente estudo podem estar relacionados com a presença da mucilagem no farelo de linhaça *in natura*, a qual pode ter exercido um possível efeito prebiótico, uma vez que estes estimulam o crescimento e a atividade de bactérias benéficas, refletindo-se de forma desejável no desempenho animal.

Os animais que receberam a dieta controle consumiram menor quantidade de alimento e apresentaram melhor conversão alimentar em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). A conversão alimentar menos eficiente nos tratamentos 17%FL, 17%FLD e 35%FLD pode estar relacionada com o maior teor de FDN nestas dietas. Corrêia et al. (2012), testando a mesma base protéica deste estudo na dieta de jundiá, encontrou CAA entre 1,12-1,10 aos 60 dias de período experimental. Os valores de CAA encontrados (1,12-1,41) foram melhores

do que os observados (1,4-1,9) por Lazzari et al. (2006) testando a inclusão de diferentes fontes vegetais na dieta de juvenis de jundiá, sugerindo que o presente estudo obteve maior aproveitamento do alimento pelo animal. Segundo Losekann et al. (2008), valores de conversão alimentar entre 1,3-1,5 são considerados aceitáveis para jundiá. Quando são encontrados bons valores de conversão alimentar, assim como neste estudo, é porque os níveis de energia da dieta se encontram apropriados

e o jundiá está conseguindo poupar proteína.

Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis relação hepatossômica (RHS) e relação digestivosômica (RDS) (Tabela 3). Da mesma forma, Corrêa et al. (2012) e Pedron et al. (2008) não encontraram diferenças significativas para estas variáveis em jundiá alimentados com fontes vegetais. Porém, estes autores encontraram valores inferiores para RHS em comparação aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 3. Rendimento e índices digestivos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamento ¹				P
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD	
RHS (%)	1,55±0,37	1,57±0,32	1,67±0,24	1,49±0,29	NS
RDS (%)	3,13±0,59	3,20±0,26	3,49±0,34	3,08±0,25	NS
QI (%)	1,24 ±0,18 ^{ab}	1,34±0,21 ^a	1,41 ±0,22 ^a	1,10 ±0,10 ^b	*

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% de PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos;

RDS: relação digestivosômica; RHS: relação hepatossômica; QI: quociente intestinal; Médias (±DP). Letras diferentes nas linhas da tabela representam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05); NS=não significativo (P>0,05); *P<0,05.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os valores de quociente intestinal (QI) foram significativamente menores na dieta 35%FLD (tabela 3). Adaptações do trato gastrointestinal, bem como, aumento das taxas de proliferação celular, hiperplasia e síntese proteica podem ser compreendidas como tentativa de ampliar a área de contato com o alimento e consequentemente aumentar a absorção de nutrientes, refletindo em maiores valores de RDS e QI (LEENHOUWERS et al., 2006).

Não foram observadas diferenças significativas para o conteúdo de cinzas, proteína bruta e proteína bruta total depositada na carcaça inteira dos jundiás submetidos às diferentes dietas (Tabela 4). Entretanto, maiores níveis de gordura e gordura total depositada (p<0,05) foram observadas na dieta 35%FLD e menores valores foram observados no tratamento controle. Em relação ao teor de umidade, menores valores foram encontrados nos tratamentos 35%FLD e 17%FLD.

Tabela 4. Composição centesimal do peixe inteiro (%) e deposição de nutrientes de jundiás alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos ¹				P
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD	
Umidade	70,99±0,63 ^{ab}	72,48±0,15 ^a	70,03±1,93 ^b	69,75±1,15 ^b	*
Proteína bruta	15,36±0,51	14,03±0,75	15,80±1,26	15,90±1,85	NS
Gordura	9,90±0,42 ^b	10,7±0,39 ^{ab}	11,52±1,76 ^{ab}	13,02±2,85 ^a	*
Cinzas	3,29±0,29	2,75±0,08	3,00±0,03	2,73±0,70	NS

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos; Médias (±DP). Médias com letras diferentes, na linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05); NS=não significativo (P>0,05); *P<0,05.

Fonte: Elaboração dos autores.

A maior inclusão de óleo de soja no tratamento 35% FLD pode ser uma das causas para os maiores níveis de gordura corporal dos animais deste tratamento. Na maioria das vezes a inclusão de óleos vegetais, assim como o óleo de soja, na dieta de peixes não prejudica o crescimento, porém pode afetar a composição dos tecidos e o metabolismo de ácidos graxos (LOSEKANN et al., 2008).

A atividade das enzimas digestivas quimiotripsina, amilase e protease ácida encontram-

se na tabela 5. Após sete semanas de experimento, não foram observadas diferenças significativas para estas enzimas avaliadas, porém, a atividade da tripsina foi significativamente maior (p<0,05) nos animais que receberam as dietas 35%FLD e 17%FLD, respectivamente. De acordo com Stech, Carneiro e Pizauro Júnior (2009), a colecistoquinina (CCK) atua na produção de tripsina, sendo que os níveis de CCK são regulados indiretamente e positivamente pelo nível dietético e cadeia proteica.

Tabela 5. Enzimas digestivas de jundiás alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
Intestino				
Quimiotripsina (mmol/btee/min/mg prot)	5,04±0,74	4,68±0,69	4,75±0,65	5,33±0,68
Tripsina (μmol/tame/min/mg prot)	6,76±0,93 ^c	7,01±0,69 ^{bc}	7,94 ±0,59 ^{ab}	8,41±0,24 ^a
Amilase (μmol glicose/min/mg prot)	0,38±0,24	0,72±0,52	0,45±0,25	0,52±0,35
Estômago				
Protease (μg tirosina/min/mg prot)	297,63±171,9	343±104,4	575,45±316,0	385,31±171,8

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; Médias (±DP). Médias com letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

A atividade de enzimas digestivas é variável conforme quantidade e qualidade dos nutrientes, ou seja, os peixes apresentam capacidade de adequação dos seus processos digestivos (BALDISSEROTTO,

2009; STECH; CARNEIRO; PIZAURU JÚNIOR, 2009; LIN; LU, 2011).

Observando os resultados obtidos da atividade enzimática da tripsina no presente trabalho sugere-

se que a presença da fibra solúvel no farelo de linhaça *in natura* tenha promovido o aumento da viscosidade intestinal, dificultando o acesso das enzimas aos substratos e igualmente dos alimentos digeridos à borda do intestino. Alta viscosidade da digesta reduz a mistura de enzimas digestivas e substratos e aumenta a espessura da camada intestinal, levando diminuição da digestão de nutrientes e absorção (LEENHOUWERS et al., 2007). O aumento da viscosidade intestinal diminui a digestibilidade através da interferência na difusão de enzimas digestivas ao substrato, além do mais, os polissacarídeos não amiláceos (PNA) podem ser complexados com enzimas digestivas e diminuir sua atividade (ALZUETA et al., 2003).

Lin e Lu (2011), avaliando os efeitos da substituição da farinha de peixe por farelo de soja (FS) na dieta de *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* observaram diminuição da protease intestinal com aumento do nível de FS na dieta, e esta diminuição foi atribuída a presença de fatores antinutricionais.

A atividade da enzima amilase pode estar relacionada com a adaptação do perfil de secreção enzimática do jundiá e a composição da dieta. Normalmente, espécies carnívoras possuem limitada capacidade de adaptação do perfil enzimático digestivo quando comparada com espécies onívoras (MORO et al., 2010).

A elevada variação na atividade de enzimas digestivas de animais do mesmo tratamento pode ser explicada pela interação social, pois peixes dominantes podem monopolizar o alimento proporcionando desta forma consumo heterogêneo (CORRÊIA et al., 2010) e se refletindo na desigualdade no metabolismo de cada peixe.

Apesar de resultados controversos, pode-se deduzir que a proteína bruta dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada podem substituir 17 e 35% a proteína bruta da farinha de carne e ossos, respectivamente, em dietas para o jundiá sem prejudicar os parâmetros de crescimento.

Conclusões

O farelo de linhaça *in natura*, até o nível de 17% de substituição, assim como o farelo de linhaça demucilada até 35% de substituição da PB da fonte de origem animal, podem ser usados para compor ração de jundiás como fonte econômica e alternativa para fabricação de rações para peixes.

Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor. Ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

À Giovelli/Indústria de óleos vegetais, pela doação da semente de linhaça para a realização do experimento.

Referências

- ALZUETA, C.; ORTIZ, L. T.; REBOLÉ, A.; RODRÍGUEZ, M. L.; CENTENO, C.; TREVIÑO, J. Effects of removal of mucilage and enzyme or sepiolite supplement on the nutrient digestibility and metabolizable energy of a diet containing linseed in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 169-181, 2002.
- ALZUETA, C.; RODRÍGUEZ, M. L.; CUTULI, M. T.; REBOLÉ, A.; ORTIZ, L. T.; CENTENO, C.; TREVIÑO, J. Effect of whole and demucilaged linseed in broiler chicken diets on digesta viscosity, nutrient utilization and intestinal microflora. *British Poultry Science*, London, v. 44, n. 1, p. 67-74, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. *Criação de jundiá*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2004. 232 p.
- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 349 p.
- BERGAMIN, G. T.; MARTINELLI, S. G.; DELLA FLORA, M. A. L.; PEDRON, F. A.; SILVA, L. P.; RADÜNZ NETO, J. Fontes proteicas vegetais na alimentação da carpa húngara. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1660-1666, 2011.
- BERNFELD, P. Amylases α e β : colorimetric assay methods. In: COLOWICK, S. P.; KAPLAN, N. O.

- Methods in enzymology*. New York: Academic Press, 1955. p. 149-158.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOYD, E.; TUCKER, C. S. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn: Auburn University, 1992. 300 p.
- CORRÊIA, V.; RADÜNZ NETO, J.; ROSSATO, S.; MASCHIO, D.; MARTINELLI, S. G. Efeito da densidade de estocagem e a resposta de estresse no policultivo de jundiá (*Rhamdia quelen*) e carpa húngara (*Cyprinus carpio*). *Revista da FZVA*, Uruguaiana, v. 17, n. 2, p. 170-185, 2010.
- CORRÊIA, V.; SILVA, L. P.; PEDRON, F. A.; LAZZARI, R.; FERREIRA, C. C.; RADÜNZ NETO, J. Fontes energéticas vegetais para juvenis de jundiá e carpa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 64, n. 3, p. 693-701, 2012.
- CUI, W.; MAZZA, G. Physicochemical characteristics of flaxseed gum. *Food Research International*, Essex Country, v. 29, n. 3-4, p. 39742, 1996.
- CUNHA, M.; ZEPPEFELD, C. C.; GARCIA, L. O.; LORO, V. L.; FONSECA, M. B.; EMANUELLI, T.; VEECK, A. P. L.; COPATTI, C. E.; BALDISSEROTTO, B. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n. 10, p. 2107-2114, 2010.
- FEDENIUK, R. W.; BILIADERIS, C. G. Composition and physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 42, n. 2, p. 240-247, 1994.
- FURNÉ, M.; HIDALGO, M. C.; LÓPEZ, A.; GARCIA-GALLEGO, M.; MORALES, A. E.; DOMEZAIN, A.; DOMEZAINÉ, J.; SANZ, A. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* a comparative study. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 250, n. 1-2, p. 391-398, 2005.
- HASAN, M. R.; MACINTOSH, D. J.; JAUNCEY, K. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 151, n. 1-4, p.55-70, 1997.
- HIDALGO, M. C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits: Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 170, n. 3-4, p. 267-283, 1999.
- HUMMEL, B. C. W. A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and thrombin. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v. 37, n. 12, p. 1393-1399, 1959.
- JIA, W.; SLOMINSKI, B. A. Means to improve the nutritive value of flaxseed for broiler chickens: the effect of particle size, enzyme addition, and feed pelleting. *Poultry Science*, Savoy, v. 89, n. 2, p. 261-9, 2010.
- KUNITZ, M. Crystalline soybean trypsin inhibitor: II. General properties. *The Journal of General Physiology*, New York, v. 30, n. 4, p. 291, 1947.
- LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F. A.; COSTA, M. L.; LOSEKANN, M. E.; CORRÊIA, V.; BOCH, V. C. Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 240-246, 2006.
- LEENHOUWERS, J. I.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J. A. J.; SCHRAMA, J. W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in african catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 12, n. 2, p. 111-116, 2006.
- LEENHOUWERS, J. I.; ORTEGA, R. C.; VERRETH, J. A. J.; SCHARAM, J. W. Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed cereal grains of increasing viscosity. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 273, n. 4, p. 556-565, 2007.
- LIN, S.; LUO, L. Effects of dietary levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 168, n. 1-2, p. 80-87, 2011.
- LOSEKANN, M.E.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F. de A.; LAZZARI, R.; BERGAMIN, G. T.; CORREIA, V.; SIMÕES, R. S. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 225-230, 2008.
- LOWRY, D. H.; ROSEBROUGH, N. J. A.; LEWIS, F.; RANDALL, R. J. Protein measurement with folin phenol reagent. *Journal of biological chemistry*, Baltimore, v. 193, n. 1, p. 265-275, 1951.
- LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. M.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology*, New York, Part B, v. 137, n. 3, p. 331-339, 2004.

- MAZZA, G.; BILIADERIS, C. G. Functional properties of flax seed mucilage. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 54, n. 5, p. 1302-1305, 1989.
- MEURER, F.; HAYASH, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes - revisão. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, Umuarama, v. 6, n. 2, p. 217-138, 2003.
- MEYER, G.; FRACALLOSSI, D. M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 240, n. 1-4, p. 331-343, 2004.
- MEYER, G.; FRACALLOSSI, D. M.; BORBA, M. R. A importância da quantidade de energia na ração de peixes. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 83, p. 53-57, 2004.
- MONEGO, M. A. *Extração de fibra solúvel de torta de linhaça para uso como hidrocolóide na indústria de alimentos*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALLOSSI, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Oxford, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.
- MORO, G. V.; CAMILO, R. Y.; MORAES, G.; FRACALLOSSI, D. M. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 41, n. 3, p. 394-400, 2010.
- NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUREAU, D. P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A. P.; FORSTER, I.; GATLIN, D. M.; GOLDBURG, R. J.; HUA, K.; NICHOLS, P. D. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.
- OOMAH, B. D.; KENASCHUK, E. O.; CUI, W.; MAZZA, G. Variation in the composition of water-soluble polysaccharides in flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 43, n. 6, p. 1484-1488, 1995.
- PARK, J. T.; JOHNSON, M. J. A submicro determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, Rockville, v. 181, n. 1, p. 149-151, 1949.
- PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA FILHO, F. P. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 3, n. 1, p. 284-298, 2006. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/029V3N1P287_298_JAN2006.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2011.
- PEDRON, F. A.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; SILVA, L. P.; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G. T.; VEIVERBERG, C. A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 1, p. 93-98, 2008.
- REBOLÉ, A.; RODRÍGUEZ, M. L.; ORTIZ, L. T.; ALZUETA, C.; CENTENO, C.; TREVIÑO, J. Mucilage in linseed: effects on the intestinal viscosity and nutrient digestion in broiler chicks. *Journal of Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 82, n. 10, p. 1171-1176, 2002.
- RODRÍGUEZ, M. L.; ALZUETA, C.; REBOLÉ, A.; ORTIZ, L. T.; CENTENO, C.; TREVIÑO, J. Effect of inclusion level of linseed on the nutrient utilization of diets growing broiler chickens. *British Poultry Science*, Edinburgh, v. 42, n. 3, p. 368-375, 2001.
- SANTIGOSA, E.; SÁNCHEZ, J.; MÉDALE, F.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; GALLARDO, M. A. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) e sea bream (*Spaurus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 287, n. 1-4, p. 68-74, 2008.
- SANTOS, E. L.; WINTERLE, W. M. C.; LUDKE, M. C. M. M.; BARBOSA, J. M. Digestibilidade de ingredientes alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): revisão. *Revista Brasileira de Engenharia da Pesca*, São Luís, v. 3, n. 2, p. 135-149, 2008.
- SINHA, A. K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; BOECH, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition - a review. *Food Chemistry*, Barking, v. 127, n. 4, p. 1409-1426, 2011.
- STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; PIZAULO JÚNIOR, J. M. Fatores que afetam a produção de enzimas digestivas em peixes e o uso de enzimas exógenas como ferramentas em nutrição de peixes. *Ensaio e Ciência*, Valinhos, v. 13, n. 2, p. 79-93, 2009.
- TARPILA, A.; WENNBORG, T.; TARPILA, S. Flaxseed as a functional food. *Current Topics in Nutraceutical Research*, Coppel, v. 3, n. 3, p. 167-188, 2005.
- WANNERBERGER, K.; NYLANDER, T.; NYMAN, M. Rheological and chemical properties of mucilage in different varieties from linseed (*Linum usitatissimum*). *Acta Agriculturae Scandinavica*, Stockholm, v. 41, n. 3, p. 311-319, 1991.