

Efeitos de dietas contendo concentrados proteicos vegetais no desempenho e atividade de enzimas digestivas de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Effects of diets containing vegetable protein concentrates on performance and activity of digestive enzymes in silver catfish (*Rhamdia quelen*)

Naglezi de Menezes Lovatto^{1*}; Leila Picolli da Silva²; Bruno Bianch Loureiro³; Fernanda Rodrigues Goulart¹; Alexandra Pretto⁴; Caroline Sefrin Speroni³; João Radünz Neto²; Vania Lúcia Loro⁵

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da utilização de concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe na dieta de juvenis de jundiá, como substitutos da fonte proteica de origem animal. Foram utilizados 300 jundiás criados em 15 unidades experimentais de 280 L, constituindo cinco tratamentos com três repetições. Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição da proteína da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe. Avaliaram-se parâmetros de crescimento, índices zootécnicos e enzimas digestivas nos peixes. Não houve diferença estatística para massa (g) e comprimento padrão (cm), mas os peixes da dieta CPFcr-25% apresentaram maior comprimento total (cm). Na carcaça, não houve diferença no teor de matéria seca, proteína bruta e proteína total depositada (calculada). Contudo, observou-se maior concentração de matéria mineral na carcaça dos animais alimentados com as dietas controle e CPFcr-50% em relação à dieta CPFg-50%, além do maior teor de lipídeos nos peixes que receberam a dieta CPFg-50% em relação aos demais grupos. Não houve diferenças significativas para índice hepatossomático, índice digestivossomático e quociente intestinal dos animais submetidos aos distintos tratamentos. A atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina não apresentaram alteração, porém verificou-se aumento da atividade da protease ácida. O aumento quantitativo e qualitativo de proteína a partir da concentração desta fração permite a utilização dos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe como substitutos à fonte proteica de origem animal.

Palavras-chave: Farelos vegetais, concentração proteica, alimentação de peixes, farelo de girassol, farelo de crambe

Abstract

The purpose of study was to evaluate the effect of using protein concentrates crambe and sunflower meal in the diet of silver catfish juveniles, as substitute for animal protein source. A total of 300

¹ Zootecnista, M.e em Produção Animal, Discente de Doutorado em Produção Animal da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: fernanda.zoo@bol.com.br

² 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

³ Discentes de Graduação, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: brunodino_zoo@hotmail.com; carolinesperoni@gmail.com

⁴ Zootecnista, Dr^a em Produção Animal, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: ale.pretto@yahoo.com.br

⁵ Bióloga, Prof^a Dr^a do Dept^o de Química, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: vania.loro@gmail.com

* Autor para correspondência

silver catfish had been separate in 15 experimental units of 280 L, totaling five treatments with three replications. We evaluated two levels (25% and 50%) replacement of the meat and bone meal by protein concentrates of crambe and sunflower meals. Evaluated growth parameters, biological index and digestive enzymes in fish. There was no statistical difference for mass (g) and standard length (cm), but the fish diet CPF_{Cr}-25% had greater total length (cm). No difference in dry matter, crude protein and total protein deposited (calculated). However, there was a higher concentration of ash in the carcass of the animals fed the control diet and CPF_{Cr}-50% in relation to diet CPF_G-50%, in addition, higher levels of lipids in fish fed diet CPF_G-50%. No significant differences for hepatosomatic index, digestive somatic index and intestinal quotient of animals subjected to different treatments. The activity of digestive enzymes trypsin and chymotrypsin did not change. There was increased activity of acid protease. The quantitative and qualitative increase in protein concentration from this fraction allows the use of bran protein concentrates crambe and sunflower as substitutes for animal protein source.

Key words: Plants meal, protein concentration, fish nutrition, sunflower meal, crambe meal

Introdução

Peixes consomem proteína a fim de obter aminoácidos, uma vez que a proteína ingerida será digerida ou hidrolisada, liberando aminoácidos livres, que serão absorvidos no trato intestinal e distribuídos pela corrente sanguínea para órgãos e tecidos (WILSON, 2002). A ingestão regular de proteína/aminoácidos é necessária, pois os aminoácidos são usados continuamente pelo peixe, tanto para obtenção de novas proteínas, quanto para substituir proteínas já existentes (WILSON, 2002).

Atualmente estudos sobre nutrição de peixes têm se voltado à substituição de fontes proteicas de origem animal por fontes proteicas vegetais, uma vez que farinhas como a de peixe estão se tornando escassas (GATLIN et al., 2007; NAYLOR et al., 2009; HARDY, 2010). Considerando que as fontes proteicas de origem animal possuem elevado teor de proteína, excelente perfil de aminoácidos, alta digestibilidade e palatabilidade (KAUSHIK; SEILIEZ, 2010; KROGDAHL et al., 2010), sua substituição por fontes vegetais *in natura* torna-se problemática devido ao desbalanço aminoacídico, fatores antinutricionais e substâncias indigeríveis (fibras) contidos nesses ingredientes (LARSEN; DALSGAARD; PEDERSEN, 2012), os quais irão refletir na digestão e absorção dos nutrientes,

prejudicando a atividade das enzimas digestivas dos animais (LUNDSTEDT; MELO; MORAES, 2004).

Estudos com a utilização de farelo de girassol na alimentação de peixes demonstram que os níveis de substituição podem ser em torno de 15% para diferentes espécies (OLVERA-NOVOA; OLIVERA-CASTILLO; MÁRTINEZ-PALACIOS, 2002; LOZANO et al., 2007) devido aos fatores limitantes supracitados. Estudos sobre o farelo de crambe são escassos e não há definições concretas sobre seu uso na alimentação de peixes, devido ao elevado conteúdo de ácido erúxico e presença de glucosinolatos (FUNDAÇÃO MS, 2010), fatores antinutricionais para peixes.

Dentre as maneiras de viabilizar o uso de fontes proteicas vegetais na alimentação de peixes, a utilização de concentrados proteicos vegetais torna-se uma alternativa promissora já que é possível a obtenção de fontes proteicas com baixos teores de fibra (OLVERA-NOVOA; DOMINGUÉZ-CEN; OLIVERA-CASTILLO, 1998) e livres de antinutrientes, com melhor perfil de aminoácidos e maior digestibilidade de nutrientes (SALZE et al., 2010).

O jundiá (*Rhamdia quelen*), espécie estudada neste trabalho, é um peixe de hábito alimentar

onívoro (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004) que tem despertado grande interesse dos piscicultores da região Sul do Brasil, devido a seu rápido crescimento, aceitação de dietas artificiais e resistência ao manejo, mesmo nos meses de inverno do Sul (FRACALOSSO; ZANIBONI FILHO; MEURER, 2002).

Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a utilização de concentrados proteicos de farelos de girassol (*Helianthus annuus*) e crambe (*Crambe abissynica*) na dieta de juvenis de jundiá, como substitutos à fonte proteica de origem animal, sobre parâmetros zootécnicos, nutrientes da carcaça e atividade de enzimas digestivas.

Material e Métodos

Local, época e dietas experimentais

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (altitude 95m, 29°43'S, 53°42'W), no período de fevereiro a abril de 2011.

Os concentrados proteicos dos farelos de girassol e crambe foram obtidos através da metodologia descrita por Smith, Johnson e Beckel

(1946) com modificações descritas por Lovatto (2012). Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos em estudo. Considerando o percentual de proteína e perfil aminoacídico obtido nos concentrados proteicos foram produzidas as seguintes dietas experimentais: Controle, Concentrado Proteico de Farelo de Girassol 50% (CPFG-50%), Concentrado Proteico de Farelo de Crambe 50% (CPFcr-50%), Concentrado Proteico de Farelo de Girassol 25% (CPFG-25%) e Concentrado Proteico de Farelo de Crambe 25% (CPFcr-25%).

As dietas experimentais (Tabela 1), confeccionadas no Laboratório de Piscicultura (UFSM), foram formuladas para conter 37% de Proteína Bruta, seguindo Meyer e Fracalossi (2004) com 3.200 Kcal ED.kg⁻¹ e exigência em aminoácidos lisina e metionina seguindo Montes-Girao e Fracalossi (2006), sendo que farinha de carne e ossos suína e concentrado proteico de soja (Incosoy60®) foram utilizados como base proteica da dieta controle.

As dietas foram peletizadas em moinho de carne, formando peletes de alta densidade de 4 mm de espessura e cerca de 50 mm de comprimento.

Tabela 1. Formulação das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de crambe e girassol em diferentes proporções na dieta.

INGREDIENTES	TRATAMENTOS (%)				
	Controle ¹	CPFG-50% ²	CPFCr-50% ³	CPFG-25% ⁴	CPFCr-25% ⁵
Milho	19,5	17,77	20	23	22
Amido de milho	2,4	6,7	1,5	3	1,65
FADE ⁶	3,7	3	4,5	6	6,5
Incosoy 60® ⁷	26	26,09	25,77	25	25
CPFG	-	17,6	-	8,8	-
CPFCr	-	-	17,93	-	8,97
FCOS ⁸	30	14,99	14,99	22,49	22,49
Óleo de soja	3,5	10,64	4,5	6,5	3,5
Premix ⁹	3	3	3	3	3
Fosfato bicálcico	3,64	0	0,4	0	0,25
Glutamato	0,25	0,2	0,25	0,2	0,25
BHT ¹⁰	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcário calcítico	2,2	0	1,8	1,5	2
Inerte	5,8	0	5,35	0,5	4,38
L-lisina	-	-	0,08	-	-
DL-metionina	0,32	0,25	0,23	0,17	0,51
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E AMINOACÍDICA ¹¹					
Matéria seca (%)	95,55	97,06	96,16	94,88	94,82
Proteína bruta (%)	37,07	36,85	37,11	37,14	37,15
Lisina	2,04	1,89	1,67	2,04	2,04
Metionina+ Cistina	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Treonina	1,28	1,02	1,02	1,30	1,38
Triptofano	0,13	0,07	0,07	0,18	0,10
Valina	1,63	1,28	1,30	1,69	1,73
Isoleucina	1,27	1,02	1,03	1,46	1,14
Leucina	2,37	1,88	1,90	2,65	2,45
Fenilalanina+tirosina	1,48	1,23	1,24	1,77	1,57
Histidina	0,92	0,74	0,75	1,11	0,97
Arginina	2,19	1,64	1,66	2,72	2,18
Matéria Mineral (%)	4,28	3,49	4,65	4,50	4,78
Calcio	3,78	1,10	1,86	2,14	2,39
Fósforo	1,99	1,15	1,22	0,82	0,97
FDN ¹² (%)	6,28	9,48	10,22	8,68	8,86
Extrato etéreo (%)	10,32	15,45	10,53	12,49	10,03
Energia digestível ¹³	3202	3201	3201	3202	3201

¹Controle: Farinha de carne e ossos suína + ⁷concentrado Proteico de soja 60%; ²Concentrado Proteico de girassol 50%; ³Concentrado Proteico de Crambe 50%.⁴Concentrado Proteico de girassol 25%; ⁵Concentrado Proteico de crambe 25%; ⁶Farelo de Arroz Desengordurado; ⁸Farinha de carne e ossos suína; ⁹premix 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%.¹⁰Butil hidróxi tolueno(BHT). ¹¹aminoácidos analisados no laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC), Santa Maria, RS; ¹²Fibra em detergente neutro; ¹³Calculada: Energia digestível= [(PB*5,65 *0,85)+(EE*9,4*0,9)+(CS DN*4,15*0,7)] (ajustada de acordo com (MEYER; FRACALOSSO; BORBA, 2004).

Fonte: Elaboração dos autores.

Ensaio biológico

O experimento teve duração de sete semanas sendo realizado em sistema de recirculação de água, contendo 15 caixas de polipropileno (280 L de volume útil), com temperatura controlada e entrada/saída de água individuais para cada unidade experimental. Foram utilizados 300 juvenis de jundiá (massa média inicial: $14,59 \pm 0,18$ g) advindos da Universidade de Passo Fundo - UPF, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil e estocados na densidade de $1,4 \text{ g.L}^{-1}$.

Diariamente foram aferidos temperatura e oxigênio dissolvido na água, e duas vezes na semana os demais parâmetros. Os indicadores químicos e físicos da água mantiveram-se na faixa aceitável para a espécie (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004): $6,72 \pm 0,44$ ppm (oxigênio dissolvido), $24,86 \pm 1,51^\circ\text{C}$ (temperatura), $0,15 \pm 0,06$ ppm (amônia total), $0,16 \pm 0,11$ ppm (nitrito), $7,28 \pm 0,25$ (pH), $48,77 \pm 13,70$ mg. $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (alcalinidade), $56,38 \pm 34,62$ mg. $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (dureza).

O manejo alimentar foi realizado até a saciedade aparente dos peixes. As alimentações foram fornecidas três vezes ao dia, as 9h:00, 13h:00 e 17h:00 e a limpeza das unidades experimentais realizada as 8h:00 e 16h:00.

Biometrias e parâmetros de crescimento:

Os animais utilizados para análise da composição centesimal foram submetidos a jejum de 24 horas e coletados aleatoriamente (três animais por unidade experimental) ao início e após sete semanas de alimentação. Nestes períodos foram realizadas biometrias, utilizando balança digital (duas casas decimais) e paquímetro digital. A biomassa foi avaliada a cada 15 dias. Antes de qualquer coleta de dados, os peixes foram anestesiados com Eugenol (20 mg/L de água) (CUNHA et al., 2010).

Avaliaram-se os seguintes parâmetros de crescimento: Massa (M): massa corporal obtida ao final de cada período, em gramas; comprimento

total (CT): medida da porção anterior da cabeça até o final da nadadeira caudal, em cm; comprimento padrão (CP) medida da porção anterior da cabeça até a inserção da nadadeira caudal, em cm; taxa de crescimento específico (%/dia): $\text{TCE} = (\ln(\text{massa corporal final}) - \ln(\text{massa corporal inicial})) / \text{dias} * 100$; Ganho de peso relativo (%): $\text{GPR} (\%) = (\text{massa corporal final} - \text{massa corporal inicial}) / \text{massa corporal inicial} * 100$; Fator de condição (FC): $\text{FC} = (M/\text{CT}^3)$; Biomassa total (g); Sobrevivência dos animais (%): percentagem de sobreviventes em relação ao número inicial de peixes em cada tratamento. Onde: \ln = logaritmo neperiano.

Enzimas digestivas

Foram analisadas as atividades das seguintes enzimas digestivas no estômago ou intestino delgado: protease ácida, tripsina (E.C.3.4.21.4) e quimotripsina (E.C.3.4.21.1). A atividade de protease ácida no estômago foi realizada pelo método de hidrólise da caseína modificado por Hidalgo, Urea e Sanz (1999). O ensaio foi conduzido utilizando-se $\text{KCl } 0,1\text{M}$ em tampão pH 1,8. A reação enzimática consistia de 1% de caseína em água (0,4 mL), tampão (1,6 mL) e $20 \mu\text{l}$ do homogeneizado. Em seguida os tubos foram incubados no banho 30°C durante 40 minutos. A reação foi interrompida com 1 mL de TCA 15%. Após, as amostras foram centrifugadas e os sobrenadantes lidos em 280 nm. A tirosina foi utilizada como padrão.

As atividades de tripsina e quimotripsina seguiram a metodologia descrita por Hummel (1959). A atividade de tripsina foi realizada a 30°C com o substrato α -p-toluenesulphonyl-L-arginine methyl ester hydrochloride (TAME). Os extratos foram incubados por 2 minutos em 2 mL de tampão Tris/ CaCl_2 pH 8,1 e a absorbância lida a 247 nm. A quimotripsina foi ensaiada com Benzoyl-L-tyrosine ethyl ester (BTEE) $0,001\text{M}$ a 30°C . Os extratos foram incubados por 2 minutos em 2 mL de tampão Tris/ CaCl_2 pH 7,8 e a absorbância lida em 256 nm.

Deposição de nutrientes na carcaça

Para o cálculo dos dados de carcaça, os animais foram eviscerados a fim de obter os valores de peso de carcaça, peso e comprimento de trato digestório e peso de fígado

Para a determinação da composição centesimal do peixe inteiro foram realizadas análises de umidade, cinzas e proteína bruta (Microkjeldahl, utilizando 6,25 como fator de conversão), seguindo as metodologias descritas na AOAC (2000). Os lipídeos foram extraídos e quantificados pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Foram calculados os seguintes parâmetros: Rendimento de carcaça – RC (%): diferença entre o peso inteiro e o peso eviscerado, com as brânquias e a cabeça, expresso em porcentagem, segundo Melo et al. (2002). Índice digestivossomático - IDS (%): (peso do trato digestório/peso do peixe)*100; Índice hepatossomático - IHS (%): (peso do fígado/peso do peixe)*100; Quociente intestinal - QI: comprimento

do trato digestório/comprimento do peixe.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (5 tratamentos e 3 repetições). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os parâmetros zootécnicos iniciais (dia zero) foram semelhantes entre os grupos de animais submetidos aos distintos tratamentos (Tabela 2). Ao final do período experimental não houve diferença estatística para massa e comprimento padrão, porém o comprimento total variou ($P < 0,05$). Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para taxa de crescimento específico (TCE) e ganho de peso relativo (GPR).

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta substituindo a fonte proteica de origem animal.

	TRATAMENTOS				
	Controle	CPFG-50%	CPFCr-50%	CPFG-25%	CPFCr-25%
	INICIAL (ZERO SEMANAS)				
M (g)	14,51 ± 0,56	14,64 ± 0,31	14,35 ± 0,50	14,81 ± 0,51	14,43 ± 0,56
CT (cm)	11,69 ± 0,23	11,83 ± 0,10	11,66 ± 0,10	11,78 ± 0,13	11,55 ± 0,54
CP (cm)	9,68 ± 0,19	9,74 ± 0,07	9,62 ± 0,10	9,77 ± 0,09	9,69 ± 0,27
	FINAL (7 SEMANAS)				
M (g)	44,01 ± 5,00	46,54 ± 3,03	44,72 ± 1,45	48,25 ± 1,32	45,61 ± 3,30
CT (cm)	16,34 ± 0,29 ^{ab}	16,35 ± 0,42 ^{ab}	16,16 ± 0,12 ^b	16,52 ± 0,14 ^{ab}	16,57 ± 0,22 ^a
CP (cm)	13,59 ± 0,32	13,63 ± 0,34	13,45 ± 0,14	13,72 ± 0,10	13,73 ± 0,23
FC	1,015 ± 0,04 ^b	1,061 ± 0,02 ^{ab}	1,013 ± 0,03 ^b	1,065 ± 0,02 ^a	1,019 ± 0,03 ^b
TCE (%/dia)	2,20 ± 0,21	2,29 ± 0,18	2,26 ± 0,17	2,33 ± 0,08	2,27 ± 0,14
GPR (%)	209,12 ± 32,85	222,18 ± 29,22	217,70 ± 26,26	228,51 ± 14,11	218,17 ± 22,67

M: massa corporal; CT, comprimento total, CP: comprimento padrão; FC: fator de condição; TCE: taxa de crescimento específico, GPR: ganho de peso relativo. Médias com letra diferente, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores representados como média ± desvio padrão.

Fonte: Elaboração dos autores

Em relação ao comprimento total (CT), os peixes da dieta CPFCr-25% apresentaram maior comprimento total, seguidos dos animais

das dietas CPFG-25%, Controle, CPFG50% e CPFCr-50%, respectivamente. Além disso, para o fator de condição (FC), os maiores valores foram

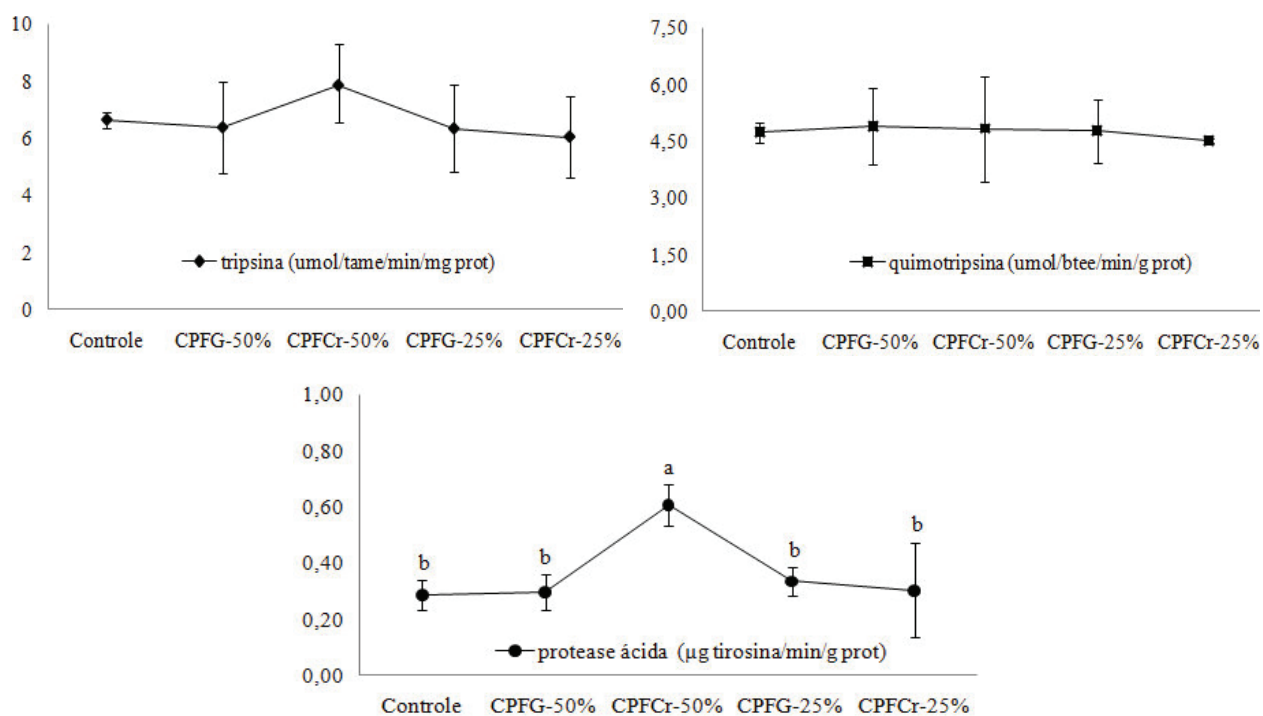
encontrados na dieta CPFG-25%, e os menores valores encontrados nos animais da dieta controle, CPFCr-50% e CPFCr-25% (Tabela 2). O fator de condição é amplamente utilizado como indicador do grau de higidez (estado de saúde) de um indivíduo, sendo que seu valor reflete as condições nutricionais recentes, ou ainda o gasto de reservas nutricionais (LIZAMA; AMBRÓSIO, 2002).

A atividade de enzimas digestivas proteolíticas é um parâmetro importante quando se quer avaliar eficiência de novos ingredientes nas dietas para peixes (KOLKOVSKI, 2001), principalmente quando se está testando fontes proteicas de origem vegetal, ricas, na sua maioria, em inibidores de proteases (MÉRIDA et al., 2010).

A protease ácida é a enzima mais comum do estômago de peixes, é responsável pelo início

da digestão proteica (BALDISSEROTTO, 2009). A protease ácida (pepsina) hidrolisa as proteínas ingeridas nas ligações peptídicas do lado aminoterminal dos resíduos de aminoácidos aromáticos, tirosina, fenilalanina e triptofano, rompendo longas cadeias de polipeptídios em uma mistura de peptídeos menores (LEHNINGER; NELSON; COX, 2004). Neste trabalho, o aumento encontrado na atividade da protease ácida (Figura 1) nos animais que receberam a dieta CPFCr-50% não alterou outros parâmetros, como os índices digestórios, já que esta enzima não é responsável pela absorção de peptídeos, mas sim pela quebra dos mesmos (LUNDSTEDT; MELO; MORAES, 2004). Zambonino-infante e Cahu (2007) demonstraram que a atividade da protease ácida é mais alterada pela forma em que a proteína chega ao estômago do que pelo teor de proteína na dieta.

Figura 1. Atividade de enzimas digestivas de juvenis de jundiá alimentado concentrado proteico de farelo de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta. Médias com letra diferente diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores representados como média \pm desvio padrão.



Fonte: Elaboração dos autores.

As atividades de tripsina e quimotripsina neste estudo não foram afetadas pela utilização dos concentrados proteicos na dieta (Figura 1). Estas enzimas são normalmente utilizadas para predizer a qualidade da proteína dietética bem como a capacidade do aparelho digestório, podendo interferir na taxa de crescimento dos peixes (SUNDE et al., 2004). A utilização de proteínas vegetais na alimentação de peixes normalmente resulta em diminuição na atividade da enzima tripsina (REFSTIE; STOREBAKKEN; ROEM, 1998; KROGDAHL; BAKKE-MCKELLEP; BAEVERFJORD, 2003), devido à presença de fatores antinutricionais e ao tipo de proteína contido na dieta (HIDALGO; UREA; SANZ, 1999; PAVASOVIC et al., 2007).

Contudo, resultados encontrados nesse estudo são contrários ao descrito pelos autores supracitados, uma vez que não foram encontradas alterações na atividade das enzimas tripsina e quimotripsina. Sugere-se ainda que a manutenção na atividade destas enzimas tenha ocorrido devido

aos concentrados proteicos das fontes vegetais estudadas apresentarem menor teor de fibras e fatores antinutricionais em relação ao farelo *in natura* (dados não mostrados).

Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) no teor de matéria seca e proteína na carcaça dos animais submetidos aos distintos tratamentos (Tabela 3). Observou-se maior concentração de matéria mineral na carcaça dos animais que receberam as dietas CONT e CPFCr-50% e maior teor de lipídeos na carcaça dos animais que receberam a dieta CPFG-50%, o que possivelmente tenha sido relacionado ao conteúdo de lipídios contidos nessa dieta (Tabela 1). Pode-se sugerir que o menor CT e menor FC demonstrados pelos animais da dieta CPFCr-50%, ocorreu devido a adaptação nutricional à dieta, com possíveis modificações em seu metabolismo o que pode ser percebido com aumento na atividade da enzima protease ácida no estômago como uma tentativa de ocorrer quebra dessas proteínas, de maneira mais efetiva, em peptídeos menores.

Tabela 3. Composição centesimal do peixe inteiro, deposição de nutrientes, rendimentos de carcaça e índices digestórios de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta substituindo a fonte proteica de origem animal.

	TRATAMENTOS				
	Controle	CPFG-50%	CPFCr-50%	CPFG-25%	CPFCr-25%
MS (%) ¹	29,00 ± 0,54	30,34 ± 0,14	28,89 ± 0,18	28,140 ± 0,58	28,09 ± 2,04
MM (%) ²	3,29 ± 0,10 ^a	2,65 ± 0,20 ^b	3,09 ± 0,02 ^a	2,99 ± 0,45 ^{ab}	2,92 ± 0,25 ^{ab}
PB(%) ³	14,86 ± 0,41	13,93 ± 1,11	14,55 ± 0,95	14,92 ± 1,75	14,75 ± 1,91
LIP(%) ⁴	9,90 ± 0,40 ^b	12,83 ± 0,79 ^a	9,74 ± 0,89 ^b	9,13 ± 0,30 ^b	9,18 ± 1,10 ^b
RC (%) ⁵	86,41 ± 2,06	84,30 ± 2,57	85,74 ± 1,85	85,23 ± 0,91	86,17 ± 2,23
IDS (%) ⁶	3,29 ± 0,40	3,09 ± 0,19	3,24 ± 0,55	3,11 ± 0,67	3,40 ± 0,35
IHS (%) ⁷	1,43 ± 0,11	1,64 ± 0,24	1,56 ± 0,25	1,50 ± 0,08	1,46 ± 0,18
QI ⁸	1,24 ± 0,18	1,27 ± 0,09	1,34 ± 0,36	1,38 ± 0,07	1,31 ± 0,12

¹MS: Matéria Seca (%); ²MM: Materia Mineral (%); ³PB: Proteína Bruta (%); ⁴LIP: Lipídeos (%); ⁵Rendimento de carcaça (%); ⁶Índice Digestivossomático; ⁷Índice Hepatosomático; ⁸Quociente Intestinal. Médias com letra diferente, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores representados como média ± desvio padrão.

Fonte: Elaboração dos autores.

A sobrevivência dos animais foi de 100% para todas as dietas avaliadas.

Os peixes submetidos às distintas dietas não diferiram quanto ao rendimento de carcaça

(RC), Índice Digestivosomático (IDS), Índice Hepatosomático (IHS) e Quociente Intestinal (QI) (Tabela 3), demonstrando que não houve alterações morfológicas em relação às dietas testadas, como demonstrado por Pedron (2006) essas variáveis, IDS e QI, são indicativos de adaptação do trato gastrointestinal ao tipo de alimento ingerido. Porém, esses valores podem variar, dependendo da idade do peixe e do tipo de dieta recebida (GOMIERO; SOUZA; BRAGA, 2007). Os animais têm a capacidade de alterar a estrutura e propriedades absorptivas de seu sistema digestório em relação às mudanças da dieta (BALDISSEROTTO, 2009). Contudo essas modificações estruturais são mais marcantes quando há um aumento no conteúdo de carboidratos (BALDISSEROTTO, 2009) e fibra na dieta (RADÜNZ NETO et al., 2006).

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que a utilização dos concentrados proteicos vegetais testados são eficientes como alternativas a diminuir o uso da proteína de origem animal, uma vez que o desempenho dos animais que receberam os concentrados proteicos não difere dos animais que recebem a dieta controle. Apenas a dieta CPFCr-50% apresentou resultados menos satisfatórios em relação ao crescimento dos animais e atividade da protease ácida. Contudo, não houve alterações da atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina para nenhuma das dietas testadas, além disso, o aumento quantitativo e qualitativo de proteína, ocasionado pela concentração proteica, torna possível a substituição da fonte proteica de origem animal pelos concentrados proteicos em questão para os níveis avaliados.

Agradecimentos e Apresentação

À Empresa Giovelli, pela doação do farelo de girassol, à Fundação MS para Pesquisas de Tecnologias Agropecuárias, pela doação da torta de crambe e ao LAMIC/UFMS pelos aminogramas.

Ao MCT/CNPq, do Fundo Setorial de Agronegócio - CT-AGRO e do Ministério da Pesca

e Aquicultura - MPA, pelas bolsas de mestrado e iniciação científica concedidas.

Parte da dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Aprovação Comitê de Ética

Trabalho aprovado pelo Comitê de Ética e Bem Estar Animal-UFMS-PRPGP. Número do processo: 23081.004071/2011

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16. ed. Arlington, 2000. 1137 p.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. *Criação de jundiá*. Santa Maria: UFSM, 2004. 232 p.
- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. 2. ed. rev. ampl. Santa Maria: UFSM, 2009. 349 p.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.
- CUNHA, M. A.; 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 analyses of fillet. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2107-2114, 2010.
- FRACALOSSO, D. M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 43-49, 2002.
- FUNDAÇÃO MS. *Tecnologia e produção do crambe 2010*. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60 p.
- GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E. J.; STONES, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.

- GOMIERO, L. M.; SOUZA, U. P.; BRAGA, F. M. S. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 17, n. 3, p. 127-133, 2007.
- WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. (Ed.). *Fish nutrition*. 3rd ed. San Diego, USA: Elsevier Science, 2002. p. 143-179.
- HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 41, n. 5, p. 770-776, 2010.
- HIDALGO, M. C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzyme 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.
- KAUSHIK, S. J.; SEILIEZ, I. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 41, n. 3, p. 322-332, 2010.
- KOLKOVSKI, S. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles - implications and applications to formulated diets. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 200, n. 1-2, p. 181-201, 2001.
- KROGDAHL, A.; BAKKE-MCKELLEP, A. M.; BAEVERFJORD, G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 9, n. 6, p. 361-371, 2003.
- KROGDAHL, A.; PENN, M.; THORSEN, J.; REFSTIE, S.; BAKE, A. M. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 41, n. 3, p. 333-344, 2010.
- LARSEN, B. K.; DALSGAARD, J.; PEDERSEN, P. B. Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 326-329, p. 90-98, 2012.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Principles of biochemistry*. 4th ed. Nova Iorque: W. H. Freeman, 2004. 1119 p.
- LIZAMA, M. de los A. P.; AMBRÓSIO, A. M. Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Journal Biology*, São Carlos, v. 62, n. 1, p. 113-124, 2002.
- LOVATTO, N. M. *Metabolismo e eficiência zootécnica de jundiás (Rhamdia quelen) alimentados com concentrados proteicos vegetais*. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- LOZANO, N. B. S.; VIDAL, A. T.; MARTINEZ-LLORENS, S.; MÉRIDA, S. N.; BLANCO, J. E.; LÓPEZ, A. M.; TORRES, M. A.; CERDÁ, M. J. Growth and economic profit of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed sunflower meal. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 272, n. 1-4, p. 528-534, 2007.
- LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei:Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, New York, v. 137, n. 3, p. 331-339, 2004.
- MELO, J. F. B.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J. H. S.; TROMBETTA, C. G. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 323-327, 2002.
- MÉRIDA, S. N.; TOMÁS-VIDAL, A.; MÁRTINEZ-LLORENS, S.; CERDÁ, M. J. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpnose sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 298, n. 3-4, p. 275-281, 2010.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, 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.; FRACALOSSO, 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, maio/jun. 2004.
- MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALOSSO, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. *Journal of World Aquaculture Society*, Oxford, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.
- 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- PNAS*, Washington, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.

- OLVERA-NOVOA, M. A.; DOMINGUÉZ-CEN, L. J.; OLIVERA-CASTILLO, L. Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 29, n. 10, p. 709-715, 1998.
- OLVERA-NOVOA, M. A.; OLIVERA-CASTILLO, L.; MÁRTINEZ-PALACIOS, C. A. Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulanger, 1896) fingerlings. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 33, n. 3, p. 223-229, 2002.
- PAVASOVIC, A.; ANDERSON, A. J.; MATHER, P. B.; RICHARDSON, N. Influence of dietary protein on digestive enzyme activity, growth and tail muscle composition in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). *Aquaculture Research*, Oxford, v. 38, n. 6, p. 644-652, 2007.
- PEDRON, F. A. *Fibra na alimentação do jundiá (Rhamdia quelen)*. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Fabio_de_Araujo_Pedron.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2011.
- RADÚNZ NETO, J.; LAZZARI, R.; PEDRON, F. A.; VEIVERBERG, C. A.; BERGAMIN, G. T.; CORRÊIA, V.; FILIPETTO, J. E. S. Alimentação da piava (*Leporinus obtusidens*) com diferentes fontes protéicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1611-1616, set./out. 2006.
- REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; ROEM, A. J. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon - *Salmo salar* fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 162, n. 3-4, p. 301-312, 1998.
- SALZE, G.; MCLEAN, E.; BATTLE, P. R.; SCHWARZ, M. H.; CRAIG, S. R. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 298, n. 3-4, p. 294-299, 2010.
- SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. *Industrial and Engineering Chemistry*, Columbus, v. 38, n. 3, p. 353-356, 1946.
- SUNDE, J.; EIANE, S. A.; RUSTAD, A.; JENSEN, H. B.; OPSTVEDT, J.; NYGARD, E.; VENTURINI, G.; RUNGRUANGSAK-TORRISEN, K. Effect of fish feed processing conditions on digestive protease activities, free amino acid pools, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 10, n. 4, p. 261-277, 2004.
- ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Dietary modulation of some digestive enzymes and metabolic processes in developing marine fish: applications to diet formulation. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 268, n. 1-4, p. 98-105, 2007.

