

EFEITO DO PROCESSAMENTO DE DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CARBOIDRATOS E LÍPIDEOS SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO FILÉ DO PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

CLAUCIA APARECIDA HONORATO¹, CLEUJOSÍ DA SILVA NUNES², ELMA NEIDE VASCONCELOS MARTINS CARRILHO³, GILBERTO MORAES³

¹Professora Doutora do Centro Universitário da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil. honoratoel@yahoo.com.br

²Pós-graduanda da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

³Professores Doutores da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da extrusão e da peletização de dietas contendo dois níveis de carboidrato (40 e 50%) e dois níveis de lipídeos (4 e 8%) sobre o fator de condição, composição corporal e o perfil de ácidos graxos de *Piaractus mesopotamicus*. Foram produzidas oito dietas isoprotéicas (26,7±0,7% PB) fornecidas por um período de 90 dias *ad libitum*. Os parâmetros avaliados foram: fator de condição, composição corporal e perfil de ácidos graxos do filé. O fator de condição mostrou respostas diferentes de acordo

com o tipo de processamento. A composição corporal dos pacus não revelou diferença estatística. As dietas peletizadas com 40% de carboidrato apresentaram a maior relação entre n3/n6 em comparação às dietas extrusadas. O perfil de ácidos graxos do filé de pacu sofreu grande influência da interação dos carboidratos, lipídeos e processamento. O aumento de carboidrato em dietas extrusadas produziu pacus com maiores teores de ômega-3.

PALAVRAS-CHAVE: Composição de ácidos graxos; pacu; processamento de dieta.

EFFECT OF PROCESSING OF DIETS WITH DIFFERENT LEVELS OF CARBOHYDRATES AND LIPIDS ON BODY COMPOSITION AND FATTY ACID COMPOSITION OF FILET OF *Piaractus mesopotamicus*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of extruded or pelletized diets on the condition factor, body composition and fatty acid composition of *Piaractus mesopotamicus*. Eight isoproteic diets (220 g·kg⁻¹ digestible protein) were supplied for 90 days *ad libitum*. The following parameters were evaluated: condition factor, body composition, and fatty acid composition. The condition factor showed different responses according to the type of processing. The body composition of the fish

submitted to different diets showed no statistical difference. The pellet diets with 40% carbohydrate consistently showed the highest ratio compared to n3/n6 extruded diets. The fatty acid composition of the fillet showed an interaction of carbohydrate, lipids and processing. The increase in carbohydrate in the extruded diets produced *Piaractus mesopotamicus* with higher levels of omega-3.

KEYWORDS: diet processing; fatty acid composition; *Piaractus mesopotamicus*.

INTRODUÇÃO

O pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), é comercialmente interessante devido à sua adaptação ao cativeiro, tecnologia de reprodução conhecida, boa aceitação de ração e carne saborosa para consumo. Entretanto, o pacu é classificado como pescado gordo, pois sua composição corporal contém alto teor de gordura, com cerca de 8 a 10% de lipídeos na carcaça (STECH, 1999; VIEGAS et al., 2008).

O excesso de gordura na carcaça não é uma característica desejável, devendo-se manter níveis que não afetem as características organolépticas da carne e o rendimento de filé, para não comprometer o valor comercial do peixe (MEURER et al., 2002). A fração lipídica dos peixes apresenta alto teor em ácidos graxos insaturados (AGI), que a predispõem à rancidez oxidativa. Os ácidos graxos (AG) dos peixes de água doce são provenientes dos nutrientes ingeridos na dieta e das modificações fisiológicas (HUANG et al., 1998), pois algumas espécies são capazes de alongar e dessaturar AG de cadeia curta em AG de cadeia longa de interesse nutricional, como os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA) (BELL et al., 1986).

Modificações qualitativas e quantitativas da ração podem alterar a composição corporal dos peixes (AIURA & CARVALHO, 2004; FUJIMOTO et al., 2007; VIEGAS et al., 2008), assim como o processamento das dietas, que disponibiliza nutrientes de formas diferentes ao melhorar a digestibilidade, levando à maior deposição de gordura na carcaça do *Piaractus mesopotamicus* (HONORATO et al., 2007).

Entre os processamentos das dietas mais utilizados na aquicultura estão a extrusão e a peletização, os quais propiciam modificações benéficas do amido cru, refletindo em aumento no aproveitamento nutricional das rações pelos peixes (HONORATO et al., 2007). Frente a esse cenário de processamento de dietas, as modificações e as interações ocorridas entre os ingredientes durante o processamento da dieta podem refletir no aproveitamento alimentar.

Espécies de peixes como *Sparus aurata*, *Oncorhynchus mykiss* e *Salmo solar* apresentam baixa capacidade para aproveitar os amidos crus das dietas, quando se compara com o amido cozido ou gelatinizado, atribuindo a estes melhores coeficientes de digestibilidade e disponibilidade da energia das dietas (CHENG & HARDY, 2003; VENOUE et al., 2003; YOUNG et al., 2006), podendo, dessa forma, alterar o metabolismo lipídico e até mesmo o perfil de AG dos peixes.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da extrusão e da peletização de dietas contendo dois níveis de carboidrato (40 e 50%) e dois níveis de lipídeo (4 e 8%) sobre o fator de condição, composição corporal e o perfil de ácidos graxos do filé de *Piaractus mesopotamicus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram produzidas oito dietas isoprotéicas (26,7±0,7% PB), contendo dois níveis de carboidratos (40 e 50%) e dois níveis de lipídeos (4% e 8%), quatro delas submetidas ao processo de peletização e quatro ao processo de extrusão (Tabela 1).

O processamento de extrusão foi realizado em equipamento Extrutec de rosca simples, com capacidade nominal de 10 Kg/h. O processamento por peletização ocorreu em peletizadora modelo de laboratório (*Califórnia Pellet Mill*). Os peletes foram confeccionados com diâmetro entre 1,2 e 1,5 mm e comprimento entre 1,5 e 3,0 mm. Os ingredientes utilizados foram analisados quanto à sua composição bromatológica (A.O.A.C., 2000).

Foram utilizados 240 alevinos de pacu com peso de 1,17 ± 0,05 g. Os peixes foram distribuídos em 24 aquários de 150 L em sistema com abastecimento contínuo de água e aeração constante por meio de compressor radial, com renovação de 20 vezes por dia. A temperatura (29 °C) e o oxigênio dissolvido (5,6 ± 0,42 mg/L.) foram monitorados diariamente; o pH (7,4 ± 0,1), a alcalinidade (5,6 ± 0,42 mg/L) e a condutividade (190,5 ± 1,5 µS/cm), semanalmente.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais

Carboidrato (%)	40		50	
	4	8	4	8
Lipídeo (%)				
<i>Ingredientes (%)</i>				
Farinha de peixe ^A	10,4	10,4	10,4	10,4
Farelo de soja ^B	31	13	25,5	11,5
Soja integral tostada ^C	4,7	22	7,5	20,8
Farelo de milho	26,9	29,9	25,5	25
Amido de milho	--	--	8,9	12,5
Farelo de trigo	--	2	9	8
Farinha de trigo	6,5	8	2,6	2
Quirera de arroz	8,5	7	8	7,9
Óleo de soja	0,5	0,4	--	0,9
Celulose microfina ^D	10,5	6,3	1,6	--
Mistura mineral - vitamínico*	1	1	1	1
<i>Composição química analisada</i>				
Matéria seca	89,5	89,5	88,7	89,7
Proteína bruta	27,0	27,5	26,1	25,7
Lipídeo	4,0	8,0	4,1	8,0
Matéria mineral	5,2	5,4	5,3	5,0
Carboidrato**	40,1	40,0	50,0	49,2
Fibra bruta	13,1	8,6	3,9	1,9
Energia bruta (kcal.kg ⁻¹)	3698,4	4023,8	4022,3	4261,6
<i>Perfil de AG analisado</i>				
∑ n3	5,1	7,1	4,4	4,1
∑ n6	44,1	51,3	44,1	45,5
Ácidos graxos saturados	44,0	37,3	49,2	48,5
Ácidos graxos monoinsaturados	6,5	4,1	2,2	1,9
Ácidos graxos poliinsaturados	49,5	58,6	48,6	49,6
Ácidos graxos insaturados	56,0	62,7	50,8	51,5
n3/n6	0,12	0,14	0,10	0,09

*Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por Kg do produto: Vitamina A 500.000 UI; Vitamina D₃ 200.000 UI; Vitamina E 5.000 UI; Vitamina K₃ 15.000 mg; Vitamina B₁ 1.500 mg; Vitamina B₂ 4.000 mg; Vitamina B₆ 1.500 mg; Vitamina C 1.500 mg; Ácido Fólico 500 mg; Ácido Pantotênico 4.000 mg; Ácido Nicotínico 7.000 mg; Biotina 50.000 mcg; Inositol 1.000 mg; Colina 40.000 mg; Cobalto 10 mg; Cobre 500 mg; Ferro 5000 mg; Iodo 50 mg; Manganês 1500 mg; Selênio 10 mg; Zinco 5000 mg e Antioxidante 12500 mg. **carboidrato=matéria seca-(proteína bruta - lipídeo - fibra bruta - matéria mineral);

^A - Composição: 94,88% matéria seca; 28,87% cinzas; 5,53% lipídeo; 53,93% proteína bruta e energia bruta 3833,0 kcal.kg⁻¹. ^B - Composição: 89,36% matéria seca; 5,17% cinza; 0,89% lipídeo; 45,99% proteína bruta e energia bruta 4392,5 kcal.kg⁻¹. ^C - Composição: 94,45% matéria seca; 4,70% cinza; 22,92% lipídeo; 37,06% proteína bruta e energia bruta 5438,3 kcal.kg⁻¹. ^D - celulose microfina RHOSTER Indústria e Comércio Ltda (Vargem Grande Paulista, SP, Brazil). Todos os ingredientes foram moídos em peneira com granulometria de 0,5mm.

Os peixes foram alimentados por 90 dias até a saciedade, duas vezes ao dia. Ao final desse período, os peixes passaram por jejum de 48 horas para o esvaziamento gástrico e, logo após, foram anestesiados (por meio de imersão em gelo). Os peixes foram pesados e medidos para-se avaliar o valor do intercepto da relação peso e comprimento (K) denominado Fator de condição(k) = peso /comprimento^b, sendo *b* obtido através da equação alométrica da relação peso / comprimento ($y = ax^b$).

Posteriormente, foram coletados três exemplares de cada repetição para a composição corporal e três exemplares para as análises de perfil cromatográfico do filé.

No início do ensaio de crescimento, foram abatidos dez alevinos (não pertencentes aos tratamentos) e, ao final do período experimental, três exemplares de cada repetição, que foram usados para obtenção das amostras da determinação de composição corporal. O material foi previamente

moído e seco em estufa de circulação de ar a 65°C até peso constante. Na caracterização bromatológica da carcaça, foram avaliados os teores de matéria seca, proteína bruta, lipídeos (A.O.A.C., 2000) e de energia bruta.

Para a análise de perfil cromatográfico, os filés dos peixes foram retirados. As amostras de filés de pacu foram moídas e liofilizadas (Savant Modulate - Freezer Dryer) para determinação de lipídeos totais (LT) (BLIGH & DYER, 1959). A transesterificação dos lipídeos dos filés foi obtida por processo de metilação (5509 da ISO, 1978).

Os AG das dietas e dos filés foram determinados por meio de cromatografia de gás (Shimadzu, modelo GC – 14B), com detector de ionização de chama e coluna capilar de polietilenoglicol com dimensões de 30m × 0,25mm, 0,25µm (Omegawax 250). O volume de injeção da amostra foi 0,5 µL. O aquecimento da coluna seguiu a programação: 100°C por 2 minutos, com rampa de temperatura de 4°C/min até 240°C. As temperaturas do injetor e detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. As curvas analíticas de calibração foram obtidas com solução-padrão mista de ésteres metílicos dos AG investigados (SUPELCO, 37 components FAME mix). A quantificação dos AG foi realizada após a identificação dos picos obtidos

através de comparação entre os tempos de retenção das amostras e os padrões.

Os resultados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos em esquema fatorial 2x2x2, constituído de dois níveis de carboidrato (40 e 50 % CHO), dois níveis de lipídeo (4 e 8 % EE) e dois processamentos das dietas (peletização e extrusão), com três repetições. Os dados foram analisados de acordo com teste paramétrico ANOVA, seguido de pós-teste de Tukey, admitindo-se $P < 0,05$ como nível de significância. O programa estatístico utilizado para as comparações das médias foi o Statistical Analysis System (SAS Intitule Inc., version 6.12, 1999).

RESULTADOS

O fator de condição revelou respostas diferentes de acordo com o tipo de processamento. Nas dietas peletizadas com 40% de carboidrato, independente do nível de lipídeo, apresentaram fator de condição superior aos peixes alimentados com dietas extrusadas. Nas dietas com 50% de carboidrato, o processamento não diferiu significativamente (Figura 1).

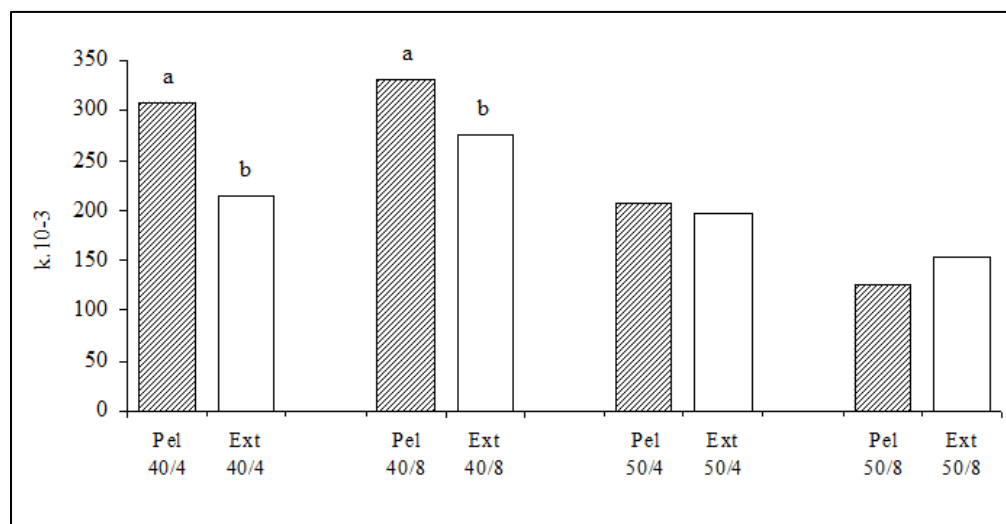


Figura 1. Fator de condição de pacu submetido a dietas peletizadas ou extrusadas com diferentes níveis de carboidrato e lipídeo. Letras distintas (comparação entre processamento - peletizadas ou extrusadas) reportam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Valores expressos em média (n=30). (Pel-peletizado, Ext extrusado, 40 e 50 - níveis de carboidratos; 4 e 8 - níveis de lipídeos).

Os valores médios de composição corporal dos pacus após alimentação com diferentes dietas não apresentaram diferença (Tabela 2). Observou-se desenvolvimento de composição corporal dos peixes,

uma vez que, numericamente, os teores de lipídeos e energia bruta corporais aumentaram quando comparados os dados do início e os do final do período de alimentação

Tabela 2. Valores de composição corporal de alevinos de pacu

Carcaça			Umidade	Proteína Bruta	Lipídeos	Energia bruta
			%	%	%	Kcal.kg ⁻¹
Composição inicial			67,63±1,7	42,34±2,5	9,62±0,6	2817,19±27,3
Composição Final						
Lipídeo (%)	Carboidrato (%)	Processamento				
4	40	Peletizado	66,85±0,5	32,62±3,3	16,29±2,4	3638,27±123,2
4	50	Peletizado	69,84±3,2	36,25±2,5	23,83±1,0	3642,52±142,9
4	40	Extrusado	68,03±1,8	32,31±2,4	18,72±1,8	4386,92±16,9
4	50	Extrusado	67,84±0,5	31,17±4,8	22,42±3,3	3702,84±304,1
8	40	Peletizado	68,19±0,7	32,47±1,6	21,98±2,5	3719,01±223,4
8	50	Peletizado	70,49±2,8	36,69±1,1	26,44±3,3	3643,93±16,1
8	40	Extrusado	67,98±0,7	33,22±3,6	20,02±2,4	4025,67±58,0
8	50	Extrusado	69,25±3,8	34,51±3,7	25,93±2,9	3600,43±70,7

Valores expressos em média ± D.P. de n = 9 peixes.

As variações impostas às dietas e suas relações afetaram (P<0,01) o perfil de AG do filé de pacu. A interação entre níveis de lipídeos e níveis de carboidratos influenciou (P<0,01) a quantidade de lipídeos totais (LT), somatória de AG n3 (Σn3), AG monoinsaturados (AGM) e AG polinsaturados (AGP). A interação entre nível de carboidratos e

processamento (P<0,01) foi expressa em AG Σn3, AG Σn6, AG saturados (AGS), AGM e AG insaturados (AGI). Houve interação (P<0,01) dos níveis de lipídeos e processamento em todas as variáveis do perfil de AG do filé (Tabela 3).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos do filé do pacu

Níveis nas dietas Processamento (%)		Ácidos graxos (%)						
Carboidrato	Lipídeo	Lipídeos totais	Somatória de ácidos graxos n3	Somatória de ácidos graxos n6	Ácidos graxos saturados	Ácidos graxos mono-insaturados	Ácidos graxos poli-insaturados	Ácidos graxos insaturados
Efeito das médias								
	40	9,28 ± 3,0	4,56 ± 0,5	23,88 ± 4,1	57,55 ± 3,5	12,76 ± 1,1	29,20 ± 4,1	42,36 ± 3,5
	50	10,19 ± 1,9	4,27 ± 1,0	18,86 ± 3,0	60,82 ± 2,8	17,13 ± 2,4	22,04 ± 3,5	38,01 ± 2,8
	4	7,67 ± 1,8	4,08 ± 0,5	18,89 ± 3,5	61,41 ± 2,9	15,45 ± 2,2	22,66 ± 4,4	37,35 ± 2,8
	8	11,79 ± 1,0	4,74 ± 1,0	23,85 ± 3,8	56,96 ± 2,3	14,44 ± 3,4	28,58 ± 4,6	43,02 ± 2,3
	Peletização	9,52 ± 1,8	4,34 ± 0,8	20,26 ± 3,5	59,83 ± 4,1	16,04 ± 3,3	24,09 ± 5,6	39,66 ± 4,1
	Extrusão	9,95 ± 3,1	4,48 ± 0,9	22,49 ± 5,2	58,54 ± 3,1	13,85 ± 2,2	27,15 ± 5,1	40,71 ± 3,0
F - valores (NOVA)								
	Níveis de carboidratos	6,94 *	61,98 **	16115,67 **	12452,51 **	241776,31 **	23522,46 **	27,29 **
	Níveis de lipídeos	142,43 **	312,00 **	15680,13 **	23108,26 **	12800,56 **	16093,93 **	46,23 **
	Processamentos	1,56 ns	15,94 **	3184,13 **	1967,06 **	60859,26 **	4288,30 **	1,59 ns
	Carboidratos x Lipídeos	8,89 *	123,68 **	1,24 ns	52,20 **	213,47 **	137,31 **	1,16 ns
	Carboidratos x Processamentos	0,26 ns	806,65 **	5670,19 **	3655,63 **	21732,24 **	1,14 ns	5,12 *
	Lipídeos x Processamentos	13,26 **	110,98 **	414,85 **	7215,76 **	21020,21 **	306,44 **	7,59 *
	Carboidratos x Lipídeos x Processamentos	38,09 **	264,55 **	652,78 **	0,72 ns	10383,71 **	106,59 **	0,01 ns

Valores expressos em média ± D.P. de n = 9 peixes; Letras maiúsculas nas colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ** (P < 0,01); * (P < 0,05); ns (não significativo).

A interação entre os níveis de lipídeos e níveis de carboidratos revelou que o aumento de carboidratos e o aumento de lipídeos nas dietas levaram ao acréscimo de LT no filé. O aumento de lipídeo na dieta elevou a quantidade de AG $\Sigma n3$ e

AGP e diminuição nos AGS e AGM. O aumento de carboidrato elevou as médias de AGS e AGM, já nas dietas com alto lipídeo resultou em elevação de AG $\Sigma n3$ e diminuição de AGP (Tabela 4).

Tabela 4. Interação de níveis de carboidratos e lipídeos no perfil de ácidos graxos no filé de pacu

Níveis de lipídeo (%)	Nível de carboidrato (%)	
	40	50
Lipídeos totais do filé (%)		
4	6,70 ± 2,5 ^{Bb}	8,64 ± 0,2 ^{Ba}
8	11,85 ± 1,2 ^{Aa}	11,73 ± 1,0 ^{Aa}
Somatória de ácidos graxos n 3 (%)		
4	4,43 ± 0,5 ^{Ba}	3,73 ± 0,2 ^{Bb}
8	4,67 ± 0,8 ^{Ab}	4,79 ± 1,5 ^{Aa}
Ácidos graxos saturados (%)		
4	59,88 ± 3,9 ^{Ab}	62,93 ± 1,4 ^{Aa}
8	55,22 ± 0,4 ^{Bb}	58,69 ± 2,1 ^{Ba}
Ácidos graxos monoinsaturados (%)		
4	13,19 ± 0,7 ^{Ab}	17,69 ± 0,9 ^{Aa}
8	12,31 ± 0,9 ^{Bb}	16,56 ± 4,0 ^{Ba}
Ácidos graxos poliinsaturados (%)		
4	25,96 ± 3,0 ^{Ba}	19,35 ± 2,4 ^{Ba}
8	32,43 ± 1,3 ^{Aa}	24,72 ± 1,89 ^{Ab}

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula comparação na coluna, minúscula comparação na linha) não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Interação de níveis de carboidratos e processamentos e níveis de lipídeos e processamentos no perfil de ácidos graxos do filé de pacu

Processamento	Nível de carboidrato (%)		Nível de lipídeo (%)	
	40	50	4	8
Lipídeos totais do filé (%)				
Peletização	--	--	6,83 ± 1,2 ^{Bb}	12,20 ± 1,5 ^{Aa}
Extrusão	--	--	8,51 ± 5,0 ^{Ab}	11,37 ± 2,8 ^{Aa}
Ácidos graxos polinsaturados (%)				
Peletização	--	--	20,72 ± 5,4 ^{Bb}	27,46 ± 4,0 ^{Ba}
Extrusão	--	--	24,59 ± 3,6 ^{Ab}	29,69 ± 3,5 ^{Aa}
Somatória de ácidos graxos n3 (%)				
Peletização	4,20 ± 0,3 ^{Ab}	4,46 ± 0,05 ^{Ba}	5,00 ± 0,8 ^{Aa}	3,66 ± 0,2 ^{Bb}
Extrusão	3,96 ± 0,1 ^{Bb}	5,00 ± 1,4 ^{Aa}	4,10 ± 1,1 ^{Bb}	4,86 ± 1,2 ^{Aa}
Somatória de ácidos graxos n6 (%)				
Peletização	17,37 ± 3,3 ^{Bb}	23,13 ± 4,7 ^{Ba}	21,27 ± 2,1 ^{Ba}	19,23 ± 4,9 ^{Ab}
Extrusão	20,41 ± 3,6 ^{Ab}	24,56 ± 2,1 ^{Aa}	26,48 ± 0,7 ^{Aa}	18,48 ± 6,4 ^{Bb}
Ácidos graxos saturados (%)				
Peletização	63,30 ± 5,0 ^{Aa}	56,36 ± 4,7 ^{Bb}	59,08 ± 0,9 ^{Ab}	60,58 ± 3,3 ^{Ba}
Extrusão	59,51 ± 1,5 ^{Ba}	57,55 ± 1,2 ^{Ab}	56,01 ± 1,2 ^{Bb}	61,05 ± 3,7 ^{Aa}
Ácidos graxos monoinsaturados (%)				
Peletização	15,89 ± 0,3 ^{Ab}	16,18 ± 0,7 ^{Aa}	13,19 ± 3,4 ^{Ab}	18,88 ± 1,8 ^{Aa}
Extrusão	14,99 ± 1,9 ^{Ba}	12,69 ± 2,4 ^{Bb}	12,31 ± 4,5 ^{Bb}	15,37 ± 1,4 ^{Ba}
Ácidos graxos insaturados (%)				
Peletização	35,67 ± 5,0 ^{Bb}	43,64 ± 4,7 ^{Aa}	40,89 ± 0,9 ^{Ba}	38,42 ± 3,2 ^{Aa}
Extrusão	39,02 ± 1,6 ^{Ab}	42,39 ± 1,2 ^{Aa}	43,83 ± 1,2 ^{Aa}	37,58 ± 3,7 ^{Ab}

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula comparação na coluna, minúscula comparação na linha) não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (--) Não houve interação para esta variável.

A interação entre nível de carboidratos e processamentos demonstrou que o aumento de carboidrato elevou os AG $\Sigma n3$, AG $\Sigma n6$ e AGI. As dietas extrusadas com alto nível de carboidratos apresentaram maiores valores de AG $\Sigma n3$ e AGI. Os maiores valores de AG $\Sigma n6$ foram observados para dietas extrusadas (Tabela 5).

A interação entre níveis de lipídeos e processamentos revelou que o aumento de lipídeo proporciona elevação de LT, AGS, AGM e AGP. As dietas extrusadas em comparação com as dietas peletizadas apresentaram médias superiores de AGP e AGI e médias inferiores de AGM. Contudo, as dietas extrusadas com baixo lipídeo revelaram

aumento de LT e AG $\Sigma n6$ e diminuição de AG $\Sigma n3$ e AGS e a dieta com alto nível de lipídeo aumentou de AG $\Sigma n3$ e AGS e diminuíram AG $\Sigma n6$, em comparação as dietas peletizadas (Tabela 5).

As dietas peletizadas com 40% de carboidrato resultaram na maior relação entre n3/n6 no filé de pacu, em comparação às dietas extrusadas. No entanto, a dieta extrusada só mostrou aumento dessa relação nas dietas com alto conteúdo de lipídeo (8%) e carboidrato (50%). A relação n3/n6 aumentou conforme o aumento de carboidrato nas dietas extrusadas e diminuiu nas dietas peletizadas (Figura 2A e 2B).

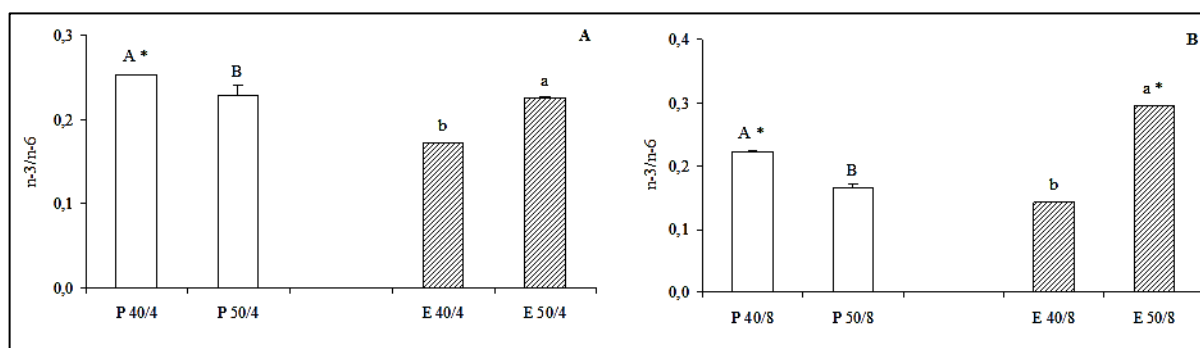


Figura 2 - Relação entre n-3/ n-6 dos filés de pacu submetido ao aumento de carboidrato em dietas (peletizadas ou extrusadas) com (A) baixo e (B) alto nível de lipídeo. Letra diferente (maiúscula comparação entre dietas peletizadas e minúscula comparação entre dietas extrusadas, (*) comparação entre processamentos).

DISCUSSÃO

O fator de condição é uma forma indireta de se avaliar o bem estar do peixe por meio da forma de crescimento pela correlação entre peso e comprimento. Segundo WEATHERLEY (1987), é uma forma de se mensurar o grau de atividade alimentar de uma espécie e do aproveitamento da fonte de alimento. O aumento de carboidrato revelou diminuição do fator de condição, o que pode ser um indicativo de crescimento referente ao acúmulo de gordura nos pacus. No entanto, para *S. salar* alimentados com dietas com níveis crescentes de carboidrato, não foi observada alteração no fator de condição (HEMRE et al., 2002).

Os parâmetros de composição corporal de pacu não diferiram entre os tratamentos. Alguns estudos relatam que a alimentação não altera a composição corporal de peixes, tais como *Piaractus mesopotamicus* (VIEGAS et al., 2008), *Colossoma macropomum* (MACEDO-VIEGAS &

CONTRERAS-GUZMAN, 1998) e *Rhamdia quelen* (MELO et al., 2002). De forma contrária, a quantidade de proteína muscular de tilápia do Nilo foi alterada pela quantidade de tanino presente na alimentação (AIURA & CARVALHO, 2004).

O nível de lipídeo e a composição de AG do filé refletem a qualidade do produto que será comercializado. Observou-se que o perfil de AG do filé de pacu foi afetado pela composição nutricional e pelo processamento da dieta. RUNGRUANGSAK-TORRISSEN et al. (2006) descrevem que a qualidade do músculo é um dos fatores preponderantes para a avaliação da qualidade nutricional da dieta.

Nas dietas extrusadas, devido à maior disponibilidade do amido que frequentemente é estocada na forma de gordura, observou-se aumento de lipídeos totais. O aumento de lipídeo nas dietas reflete em regulação do apetite e maior acúmulo de lipídeos na carcaça (YAMAMOTO et al., 2001). O aumento de carboidratos e de lipídeos na dieta de *Lates calcarifer* reflete em aumento no

conteúdo de lipídeos na carcaça, o que, conseqüentemente, diminui a qualidade do produto final (CATAUTAN & COLOSO et al., 1997).

Como os AG essenciais não são sintetizados “de novo”, os AG incorporados nos tecidos representam seu conteúdo nos alimentos ingeridos (FRACALOSSO & LOVELL, 1995; JOBLING et al., 1998), mas alguns organismos podem fazer síntese de AG a partir de outros nutrientes como carboidratos e proteína, porém, necessitam da enzima dessaturase que insere insaturações entre os carbonos 3-4 e 6-7 da sua porção terminal (ANDRADE & CARMO, 2006). MARTINO & TAKAHASHI (2001), em estudo sobre *Pseudoplatystoma coruscum*, constataram que essa espécie apresenta as enzimas capazes de alongar e dessaturar AG, devido à composição de ácidos graxos da carcaça associada ao tipo de alimentação ofertada. O aumento de AG n-3 foi observado no fígado de *Pseudoplatystoma coruscum* alimentados com dietas à base de óleo de soja, sugerindo alongamento e desaturação (MARTINO et al., 2002).

Nas dietas extrusadas, tanto o aumento de lipídeo como de carboidratos foi benéfico por proporcionar aumento na quantidade de AGPI (n-3) no filé. As concentrações de AGPI n-3 na carne de peixes variam de acordo com a espécie e dependem especialmente da dieta consumida pelo peixe. A maior concentração de AGI nos filés dos peixes alimentados com dietas extrusadas pode ser reflexo da melhora da digestibilidade da fração lipídica especialmente da farinha de peixe (fonte de n-3). O processo de extrusão afeta a composição dos ingredientes e altera os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes para *Oncorhynchus mykiss*, melhorando, em particular, o coeficiente de digestibilidade do lipídeo (CHENG & HARDY, 2003).

Nutricionalmente, quanto maior o valor de AGP melhor é a qualidade do alimento. Diversos estudos vêm enfatizando que a relação entre n-3/n-6 fornece indicações importantes, considerando que n-3 é benéfico à saúde humana, enquanto n-6 não tem a mesma correlação (MAYSER et al., 1998; MARTINO et al., 2002; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). A razão entre AG n3/n6 é variável entre as espécies de *Brycon* (matrinxã, piraputanga e piracanjuba) e observa-se também diferença entre peixes criados em cativeiro e peixes de ambiente natural (MOREIRA et al., 2003). DRUZIAN et al. (2007) observaram para *Cyprinus carpio* que a alimentação modifica a razão entre n-3/n-6. MOREIRA et al. (2003) observaram que piraputanga (*Brycon microlepis*) no ambiente natural apresentam relação n-3/n-6

maior que peixes criados em cativeiro.

A relação n-3/n-6 para os tratamentos foi inferior à encontrada para peixes de água doce, a qual varia entre 3,8 a 5,0 (AIURA & CARVALHO, 2004). No entanto, a relação aproximou-se da obtida para filés de tambaqui (MAIA et al., 1992).

CONCLUSÃO

O processamento aplicado à dieta para alimentação do pacu exerceu efeito no perfil de AG do filé e no fator de condição dos peixes. O aumento de carboidrato em dietas extrusadas produziu pacus com maiores teores de n-3. Neste contexto, a utilização de dietas extrusadas com 50% de carboidrato independente do nível de lipídeos (4 ou 8 %) é apropriada para o pacu.

REFERÊNCIAS

- AIURA, F.S.; CARVALHO, M.R.B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n. 550, p. 93-98, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. AOAC Inc., Gaithersburg, MD, USA, 2000.
- BELL, M.V.; HENDERSON, R.J.; SARGENT, J.R. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 83B, p. 711-719, 1986.
- CATAUTAN, M.R.; COLOSO, R.M. Growth of juvenile Asian seabass *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture**, v. 149, p.137-144, 1997.
- CHENG, Z. J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 9, p. 77-83, 2003.
- ANDRADE, P. M. M.; CARMO, M.G. T. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade. **Revista de Metabolismo e Nutrição**, v.8, n.3, p. 135-143, 2006.
- DRUZIAN, J.I.; MARCHESI, C.M.; SCAMPARINI, A.R.P. Perfil de ácidos graxos e composição centesimal de carpas (*Cyprinus carpio*) alimentadas com ração e com dejetos suínos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 539-544, 2007.
- FRACALOSSO, D.M.; LOVELL, R.T. Growth and polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipid source at two water temperatures. **The**

- Progressive Fish-Culturist**, v.57, p.107-113, 1995.
- FUJIMOTO, R. Y.; CASTRO, M.P.; HONORATO, C.A.; NORAES, F.R. Composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes por pacus alimentados com ração suplementada com cromo trivalente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1763-1768, 2007.
- HEMRE, G.-I.; BJØRNEVIK, M.; BEATTIE, C.; BJØRNSON, B.T.; HANSEN, T. Growth and salt-water tolerance of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*, reared under different combinations of dietary carbohydrate and photoperiod regime. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p.23-32, 2002.
- HONORATO, C.A. ALMEIDA, L.C., Da SILVA NUNES, C. CARNEIRO, D.J. MORAES, G.. Effects of processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and lipids: the outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p.91-99, 2010.
- HUANG, C.H., HUANG, M.C., LEE, A.C. Characteristics of lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum of tilapia. **Food Science**, v. 25, p. 104-108, 1998.
- JOBLING, M. KOSKELA, J.; SAVOLAINEN, R. Influence of dietary fat level and increased adiposity on growth and fat deposition in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v. 29, p. 601-607, 1998.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. In **Food Science and Human Nutrition** (G. Charalambous, Ed.), p. 633-642. Elsevier Science, Amsterdam, 1992.
- MACEDO-VIEGAS, E.M.; CONTRERAS-GUZMAN, E. Effect of source and levels of dietary lipids on growth, body composition, and fatty acids of the tambaqui (*Colossoma macropomum*). **World Aquaculture**, v. 29, n.1, p.66-70, 1998.
- MARTINO, R.; TAKAHASHI, N.S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e Grãos**, v. 58, p.32-37. 2001.
- MARTINO, R.C., CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v. 209, p.233-246, 2002.
- MAYER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J.; CHRISTOPHEERS, E.; JABLONSKA, S.; SALMHOFER, W.; SCHILL, W.B.; KRAMER, H.J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of American Academy Dermatology**, v. 38, p. 421, 1998.
- MELO, J.F.B., RADUNZ-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 lipídeos. **Ciência Rural**, v. 32, p.323-327, 2002.
- MEURER, F., HAYASHI, C., BOSCOLO, W.R., SOARES, C.M. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 566-573, 2002.
- MOREIRA, A.B.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M. Composição de ácidos graxos e teor de lipídios em cabeças de peixes: matrinxã (*B. Cephalus*), piraputanga (*B. Microlepis*) e piracanjuba (*B. Orbignyanus*), criados em diferentes ambientes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, p. 179-183, 2003.
- RUNGRUANGSAK-TORRISSEN, K.; MOSS, R.; ANDRESEN, L.H.; BERG, A.; WAAGBØ. Different expression of tyrosin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 32, p. 7-23, 2006.
- STECH, M.R. ; CARNEIRO, D.J. ; CARVALHO, M.R.B. . Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, p. 255-262, 2010.
- SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. A importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n.1, p.101-110, 2002.
- WEATHERLEY, A.H, GILL, H.S. Growth increases produced by bovine growth hormones in grass pickerel, *Esox americanus vermiculatus* (Le Sueur), and the underlying dynamics of muscle fiber growth. **Aquaculture**, v. 65, p. 55-66, 1987.
- YAMAMOTO, T.; KONISHI, K. SHIMA, T.; FURUITA, H.; SUZUKI, N., TABATA, M. Influence in dietary fat and carbohydrate levels on growth and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* under self-feeding conditions. **Fisheries Science**, v. 67, p. 221-227, 2001.
- VENOU, B., ALEXIS, M. N., FOUNTOULAKI, E., NENGAS, I., APOSTOLOPOULOU, M. & CASTRITSI-CATHARINOU, I. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, v. 225, p. 207-223, 2003.
- YOUNG, A., MORRIS, P.C., HUNTINGFORD, F.A. & SINNOTT, R. Replacing fish oil with pre-extruded carbohydrate in diets for Atlantic salmon, *Salmo solar*, during their entire marine grow-out phase: Effects on

growth, composition and colour. **Aquaculture**, v. 253, p. 531-546, 2006.

VIEGAS, E.M.M.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C.; MALHEIROS, E.B. Farelo de canola em dietas

para o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1987): efeitos sobre o crescimento e a composição corporal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p. 1502-1510, 2008.

Protocolado em: 18 mar. 2011. Aceito em: 26 fev. 2013.