

Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação

Valéria Leão Souza¹, Elisabeth Criscuolo Urbinati*², Daniela Chainho Gonçalves³ e Paulo César Silva⁴

¹Departamento de Produção Animal, EV/Universidade Federal de Goiás, Goiânia Goiás, Brasil. ²Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Caunesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Patologia, EV/ Universidade Federal de Goiás, Goiânia Goiás, Brasil. ⁴Departamento de Produção Animal, Escola de Veterinária, EV//Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: bethurb@caunesp.unesp.br

RESUMO. Avaliou-se a utilização de energia, pelos índices hepatossomáticos, gordura víscerosomática e composição corporal do pacu submetido a ciclos alternados de restrição alimentar/realimentação, no período de engorda. Juvenis foram distribuídos em três tanques e submetidos aos programas alimentares: A (alimentado *ad libitum*, diariamente), B (restrição alimentar de quatro semanas, realimentado por nove semanas) e C (seis semanas de restrição alimentar, realimentado por sete semanas), num total de 13 semanas por ciclo (quatro ciclos experimentais). No final da restrição alimentar e realimentação, 6 peixes de cada tratamento foram amostrados e os dados biométricos e bioquímicos registrados. Os resultados demonstram que durante os dois primeiros ciclos, o tratamento C apresentou melhor crescimento compensatório. Teores de lipídio e água da carcaça foram inversamente correlacionados, com diminuição da gordura corporal. Ocorreu utilização das reservas energéticas hepáticas e viscerais nos peixes de B e C, na restrição alimentar. Estes parâmetros foram restabelecidos na realimentação, em todos os ciclos.

Palavras-chave: peixe, programa de alimentação, composição corporal, índice hepatossomático, índice gordura víscero-somático.

ABSTRACT. **Body composition and biometric indexes of the pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) related to alternate cycles of feed and re-feeding constraints.** The present paper evaluated, through hepatosomatic/mesenteric fat indexes and body composition, the pacu energy utilization when submitted to alternated food restriction/refeeding cycles during the growout period. Juveniles were distributed in three ponds and submitted to different feeding programs: A (*ad libitum* daily feeding), B (4-week feeding restriction and 9-week refeeding) and C (6-week feeding restrictions and 7-week refeeding), totaling 13 weeks for each cycle (4 experimental cycles). At the end of the periods, fish were sampled to obtain biometrics and biochemical data. The results showed that, during the first two cycles, C treatment obtained the best compensatory growth. Carcass lipid and water contents were inversely related, with body fat decrease. Fishes under B and C treatment during food restriction utilized liver and mesentery energy stores. These parameters were re-established in the refeeding phase, in all cycles.

Key words: fish, feeding management, body composition, hepatosomatic index, mesenteric fat index.

Introdução

A capacidade de sobreviver a longos períodos de jejum é uma característica típica dos peixes e outros ectotérmicos (Zamal e Ollevier, 1995). Nessa condição, os peixes diminuem a demanda energética reduzindo a atividade e o consumo de oxigênio. Como o jejum afeta a atividade metabólica, a

manutenção dos processos vitais ocorre através da mobilização das reservas energéticas endógenas (Cook *et al.*, 2000), resultando em perda de peso corporal (Weatherley e Gill, 1987). As respostas ao jejum, entretanto, variam de espécie para espécie, no tipo de reserva utilizada e no tecido do qual essas fontes são obtidas (Silva *et al.*, 1997).

Independente da exigência de cada espécie, a

mobilização das fontes energéticas ocorre da forma mais eficiente. A dinâmica da utilização endógena de energia pode ser estimada monitorando-se os índices hepatossomáticos e gordura víscerosomática, sendo que as alterações nesses índices refletem a utilização de lipídio, proteína e glicogênio (Collins e Anderson, 1995).

A utilização dos constituintes do corpo resulta em hidratação do tecido e as diferenças na perda de peso entre os peixes podem ser devido às alterações no conteúdo de água. Segundo Love (1980), em um jejum moderado, o peso é mantido pela água para compensar a perda de matéria orgânica. Entre os peixes com maior teor de gordura corporal há uma relação dinâmica inversa entre o conteúdo de lipídio e água no músculo, enquanto as espécies com menor teor de gordura apresentam uma relação semelhante entre proteína e água. Essa é uma característica comum dos peixes submetidos ao jejum. Mas esse aumento na proporção de água corporal parece ser limitado e inversamente proporcional à energia total do peixe, pois em juvenis de salmão (*Salmo salar*), níveis superiores a 84% de água corporal foram letais, uma vez que ocorreu redução da energia total, tornando-a insuficiente para manter as condições vitais (Gardiner e Geddes, 1980).

O retorno às condições adequadas de alimentação, após período sem alimento, poderá resultar em rápido crescimento, conhecido como crescimento compensatório (Jobling e Miglaus, 1993), embora os mecanismos que desencadeiam esse crescimento não sejam ainda bem entendidos. A habilidade dos peixes em apresentar essa resposta, quando submetidos a ciclos de jejum e realimentação, tem sido pesquisada para utilização na produção comercial, no controle das taxas de ganho de peso, na manipulação da composição corporal ou melhora da eficiência de crescimento (Quinton e Blake, 1990).

O objetivo deste estudo foi avaliar a mobilização de energia através dos índices hepato-somático (IHS) e gordura víscero-somático (IGVS), bem como da composição corporal do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes, Characidae), submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação, durante o período de engorda.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Piscicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia - GO (16°41' de Latitude Sul, 49°17' de Longitude Oeste e a 730 m de Altitude), no período de 23 de março de 1999 a 21 de março de 2000.

Foram utilizados juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com peso médio inicial de 83,5±17,1 g. Os animais foram divididos em 3 tratamentos: A: controle, alimentado *ad libitum*, diariamente; B: quatro semanas de restrição alimentar, nove semanas de realimentação; C: seis semanas de restrição alimentar, sete semanas de realimentação. Para os tratamentos B e C, os ciclos começavam com períodos de restrições alimentares e cada ciclo durava 13 semanas. Os peixes foram submetidos a quatro ciclos completos, que terminavam com realimentação, e distribuídos em três tanques (tratamentos A, B e C), com 169 animais em cada. Os tanques de 50m², profundidade média de 1,10 m, vazão inicial de 3 L/min. e final de 6 L/min., abastecidos com água procedente de uma represa à montante, foram previamente preparados com 100 g/m² de calcário agrícola e 200 g/m² de esterco de galinha.

Os animais passaram por duas semanas de adaptação nos tanques, recebendo ração comercial extrusada, diariamente (9h e 16h), contendo 28% de proteína bruta, fornecida a lanço, oferecida *ad libitum*. Após, os animais do tratamento A continuaram sendo alimentados diariamente e os dos tratamentos B e C alternaram períodos de restrição alimentar com realimentação. Durante a realimentação, o arraçoamento foi realizado conforme indicado anteriormente e a quantidade de alimento ofertada anotada.

Ao final de cada período de restrição alimentar e/ou realimentação, seis peixes de cada tratamento eram capturados, pesados, anestesiados com benzocaína (1 g/15 L de água) e sacrificados para a retirada do fígado e gordura visceral, para determinação dos índices hepatossomático [IHS = (peso do fígado (g)/peso corporal (g)) x 100] e gordura víscero-somático [IGVS = (peso da gordura visceral (g)/peso corporal (g)) x 100]. As carcaças foram congeladas, moídas e, posteriormente, utilizadas na determinação de: proteína bruta, pelo método de Kjeldhal; extrato etéreo, utilizando o extrator Soxhlet; cinzas, por incineração em mufla a 600°C; e umidade, obtida através da secagem da amostra em estufa a 105°C (A.O.A.C., 1984). O período de restrição alimentar do tratamento C (seis semanas) coincidiu com a realimentação de duas semanas do tratamento B, conforme apresentado na Tabela 1.

Para análise de variância dos dados de cada ciclo alimentar foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado em esquema fatorial 3x4 (condições alimentares x períodos de amostragem), com seis repetições, e as médias comparadas pelo teste de Tukey (Banzatto e Kronka, 1989). Todos os dados expressos em porcentagem sofreram transformação angular ($\arcsen \sqrt{x}$) para a realização da análise estatística.

Tabela 1. Valores médios obtidos para peso corporal (PC), índice hepato-somático (IHS), índice gordura víscero-somático (IGVS), extrato etéreo (EE), umidade (%), proteína bruta (PB) e cinzas de juvenis de pacu submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação

Variáveis	Trat.	Ciclo 1 (semanas)					Ciclo 2 (semanas)					Ciclo 3 (semanas)					Ciclo 4 (semanas)				
		Restrição Alimentar				Realimentação	Restrição Alimentar				Realimentação	Restrição Alimentar				Realimentação	Restrição Alimentar				Realimentação
		0	4	6	7	Média	4	6	7	Média	4	6	7	Média	4	6	7	Média			
PC (g)	A ¹	84,7	91,7	103,0	120,3	99,9 A	130,0	140,0	159,0	143,0 A	221,7	235,0	553,8	336,8 A	796,2	901,7	1118,0	938,6 A			
	B ²	82,2	74,3	91,0	119,3	91,7 A	118,0	125,0	163,7	135,6 A	162,3	198,8	455,5	272,2 B	451,7	607,7	809,8	623,1 B			
	C ³	84,0	73,5	73,0	120,8	87,8 A	117,7	117,3	182,8	139,3 A	181,2	180,0	450,0	270,4 B	440,8	433,2	652,5	508,8 C			
	Média	83,6 b	79,8 b	89,0 b	120,2 a	*24,7%	121,9 b	127,4 b	168,5 a	*20,0%	188,4 b	204,6 b	486,4 a	*23,6%	562,9 b	647,5 b	860,1 a	*19,1%			
IHS (%)	A	2,3 Aa	1,8 Aa	2,1 Aa	1,7 Aa		1,6 Aab	1,4 Ab	1,8 Aa		1,9 Aa	1,7 Aa	1,7 Ba		2,7 Aa	2,7 Aa	2,3 Bb				
	B	2,1 Aa	1,0 Bb	2,1 Aa	2,0 Aa		1,1 Bb	1,6 Aa	1,9 Aa		0,9 Bc	1,8 Ab	2,8 Aa		0,8 Bb	2,6 Aa	2,3 Ba				
	C	2,1 Aa	1,1 Bb	1,0 Bb	2,0 Aa	*10,9%	1,1 Bb	1,0 Bb	2,0 Aa	*7,8%	0,8 Bb	0,7 Bb	2,7 Aa	*6,4%	0,8 Bb	0,7 Bb	2,8 Aa	*7,0%			
	Média																				
IGVS (%)	A	1,1 Bb	2,5 Aa	2,6 Aa	2,9 Aa		2,7	2,9	2,7	2,8 A		2,7 Aa	2,7 Aa	2,5 ABa		2,6 Aa	3,0 Aa	2,4 ABa			
	B	1,8 Aa	1,3 Ba	1,7 Ba	1,9 Ba		2,0	2,8	2,3	2,4 AB		2,4 Aa	2,2 Aa	2,3 Ba		1,8 ABb	2,2 ABab	3,0 Aa			
	C	1,8 Aab	1,3 Bb	1,3 Bb	2,2 ABa		1,9	1,9	2,1	2,0 B		2,0 Ab	1,8 Ab	3,3 Aa		1,7 Ba	1,7 Ba	2,2 Ba			
	Média					*14,6%	2,2 a	2,5 a	2,4 a	*16,8%					*15,0%				*14,0%		
EE (%)	A	6,7	6,8	9,9	13,0	9,1 A	12,2	12,0	12,6	12,3 A		11,7	13,6	13,5	12,9 A	15,6 Aa	16,9 Aa	18,0 Aa			
	B	6,9	6,4	6,6	10,0	7,5 B	8,0	10,7	11,7	10,1 B		10,5	11,5	12,6	11,5 AB	11,0 Bb	11,0 Bb	17,9 Aa			
	C	6,3	6,2	6,0	11,5	7,5 B	7,9	6,3	11,0	8,4 B		8,9	8,7	13,8	10,4 B	9,5 Bb	9,5 Bb	15,4 Aa			
	Média	6,7 b	6,5 b	7,5 b	11,5 a	*13,6%	9,4 b	9,7 b	11,8 a	*12,4%		10,4 b	11,2 b	13,3 a	*10,3%				*7,8%		
Umidade (%)	A	76,9	76,8	73,4	70,1	74,3 A	71,0 Ba	70,8 Ba	70,9 Aa		71,0	70,3	69,8	70,3 A	68,3 Ba	68,3 Ba	68,9 Aa				
	B	76,5	77,1	76,8	73,3	75,9 A	75,8 Aa	72,8 Bab	70,7 Ab		71,9	70,6	70,2	70,9 A	71,9 Aa	72,5 Aa	68,8 Ab				
	C	77,3	77,1	77,3	71,9	74,3 A	75,4 Aa	77,1 Aa	70,2 Ab		73,4	74,3	69,5	72,4 A	71,9 Aa	72,6 Aa	68,1 Ab				
	Média	76,9 a	77,0 a	75,8 a	71,8 b	*2,7%				*3,1%	72,1 a	71,7 ab	69,8 b	*2,9%				*2,2%			
PB (%)	A	14,7	14,8	14,3	15,0	14,8 A	15,0	15,1	14,4	14,8 A		15,3	14,7	15,1	15,0 A	15,1	15,6	15,4	15,4 A		
	B	14,9	14,6	14,7	14,7	14,7 A	14,4	14,4	15,6	14,8 A		15,6	15,9	15,2	15,6 A	15,2	15,3	15,3	15,3 A		
	C	14,9	14,9	14,8	14,7	14,8 A	14,7	14,6	16,8	15,4 A		15,9	15,2	14,9	15,3 A	14,9	14,9	14,9	14,9 A		
	Média	14,8 a	14,8 a	14,8 a	14,8 a	*4,1%	14,7 a	14,7 a	15,6 a	*4,0%		15,7 a	15,3 a	15,1 a	*5,5%	15,1 a	15,3 a	15,2 a	*3,4%		
Cinzas (%)	A	1,6	1,8	1,9	2,0	1,8 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		2,0	2,0	2,0	2,0 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		
	B	1,7	1,9	1,9	2,0	1,9 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		2,0	2,0	2,0	2,0 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		
	C	1,6	1,9	1,9	2,0	1,8 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		2,0	2,0	2,0	2,0 A	2,0	2,0	2,0	2,0 A		
	Média	1,6 b	1,9 ab	1,9 ab	2,0 a	*7,8%	2,0 a	2,0 a	2,0 a	*9,2%		2,0 a	2,0 a	2,0 a	*8,6%	2,0 a	2,0 a	2,0 a	*10,1%		

* Coeficiente de Variação; ¹ Controle alimentado diariamente, *ad libitum*; ² quatro semanas de restrição alimentar/nove semanas de realimentação; ³ seis semanas de restrição alimentar/sete semanas de realimentação; Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); Obs.: Quando o tratamento C encontrava-se em restrição alimentar por seis semanas, o B já estava sendo realimentado por duas semanas

A conversão alimentar aparente [CAA = Qr/(Bf - Bi), onde: Qr é a quantidade de ração fornecida (kg) e Bf e Bi, as biomassas iniciais e finais (kg) (Bernardino e Ferrari, 1989)] foi calculada com base nos valores médios de cada tratamento.

A temperatura da água foi monitorada diariamente (9h e 16h) e, quinzenalmente, amostras de água dos tanques foram coletadas (7h30min) para obtenção dos valores de oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade total, amônia, nitrito e transparência, utilizando-se um kit comercial.

Resultados

Os resultados da análise da água dos tanques revelaram valores médios de pH para os tratamentos A= 7,0±0,2, B= 6,9±0,2 e C= 7,1±0,3; oxigênio dissolvido 4,2±2,1, 3,7±2,2 e 5,1±2,3mg/L; transparência 70,5±13,7, 80,3±9,7 e 84,9±15,9cm; amônia 0,10±0,09, 0,15±0,20 e 0,09±0,07mg/L N-NH₃; alcalinidade total 29,3±5,9, 28,6±5,9 e 28,1±4,0mg/L HCO₃⁻, e nitrito 0,01±0,01, 0,01±0,01 e 0,01±0,01mg/L N-NO₂, respectivamente. A temperatura média da água, durante o período de

estudo, foi de 24,3±2,5 e 27,4±2,4°C pela manhã e à tarde, respectivamente.

O consumo total de ração dos peixes, durante o 1º ciclo alimentar, foi de 13,07 kg para o tratamento A; 11,11 kg para o B; e 8,38 kg para o C, com conversão alimentar de 2,7; 2,2; e 1,8 para os respectivos tratamentos. No 2º ciclo, a quantidade de ração fornecida foi de 8,87 kg para os peixes do tratamento A; 6,03 kg do B; e 5,48 do C. A conversão alimentar obtida nesse período foi de 2,9; 1,6; e 0,8 nos tratamentos A, B e C, respectivamente.

Com a elevação da temperatura da água, a partir do 3º ciclo, os peixes do tratamento A consumiram 43,53 kg; do B, 32,75 kg; e do C, 27,43 kg de ração. Nesse 3º ciclo, foi encontrada conversão alimentar de 1,0 para todos os tratamentos. Durante o 4º ciclo alimentar, os peixes do tratamento A consumiram 91,79 kg; do B, 54,63 kg; e do C, 44,17 kg de ração. A conversão alimentar dos tratamentos A e B foi de 1,9, enquanto o C apresentou a pior resposta (3,4:1).

Os valores médios obtidos para peso corporal, índices biométricos (IHS e IGVS) e composição da carcaça (umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas; expressos em porcentagem do peso úmido)

dos peixes utilizados neste estudo, durante os 4 ciclos alimentares, encontram-se na Tabela 1.

Peso dos peixes e índices biométricos

Houve perda de peso corporal na quarta semana de restrição, tanto para peixes do tratamento B quanto para os do C. Em duas semanas de realimentação (tratamento B) ocorreu recuperação do crescimento, e mais acentuadamente após sete semanas (tratamentos B e C), sugerindo resposta de crescimento compensatório, apesar de diferenças não significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Esse mesmo padrão de resposta foi encontrado nos ciclos 1 e 2, sendo que neste último, a expressão do crescimento compensatório foi mais evidente. A partir do 3º ciclo, os resultados se diferenciaram. O crescimento dos peixes do tratamento A sobressaiu-se ($P < 0,05$) dos demais grupos, e mesmo tendo apresentado crescimento compensatório, os tratamentos B e C não alcançaram o peso verificado em A, no ciclo 3. No 4º ciclo, a capacidade para expressar o crescimento compensatório dos peixes dos tratamentos B e C ficou comprometida e os maiores pesos ($P < 0,05$) foram obtidos no tratamento A.

No 1º ciclo alimentar, após quatro semanas de restrição alimentar, o IHS dos tratamentos B e C foi menor ($P < 0,05$) do que o de A, permanecendo baixo (tratamento C) após seis semanas, recuperando-se tanto durante as duas primeiras de realimentação (tratamento B) quanto após sete semanas (tratamento C) e igualando-se ao A ($P > 0,05$). Isso demonstra que a restrição alimentar afeta as reservas energéticas do fígado para auxiliar na manutenção dos processos vitais frente à falta de alimento. O comportamento do IHS durante o 2º, 3º e 4º ciclos alimentares foi semelhante ao anterior durante a restrição alimentar e, quando realimentados, os tratamentos B e C alcançaram ($P > 0,05$) os valores de A, no 2º ciclo, ou superaram ($P < 0,05$) esses valores no 3º. Já no 4º ciclo, apenas o B foi superior ($P < 0,05$) aos demais na fase de realimentação. Os resultados indicam que esse sítio de depósito energético é facilmente recuperado quando restabelecido o fornecimento de alimento.

A utilização da gordura visceral (IGVS), durante a restrição alimentar, mostrou o comportamento semelhante ao do IHS, no 1º ciclo. Entretanto, sete semanas de realimentação (tratamento B) não foram suficientes ($P < 0,05$) para a recuperação dos valores encontrados em A. Houve tendência de utilização da gordura do depósito visceral, refletida através do IGVS, na fase de restrição alimentar dos tratamentos B e C. No entanto, diferenças ($P < 0,05$) foram

notadas apenas entre os tratamentos A e C, no 2º e 4º ciclos. No 3º ciclo, esse substrato energético não foi significativamente ($P > 0,05$) utilizado, durante a restrição alimentar.

Composição corporal

As alterações nos constituintes do corpo mostraram hidratação dos tecidos, como pode ser observado em todos os ciclos alimentares, apesar das diferenças serem significativas ($P < 0,05$) somente durante o 2º e 4º ciclo, entre os tratamentos restritos (B e C) e o que recebeu alimentação diária (A), na fase restrição alimentar. Quando realimentados, esses tratamentos apresentaram teor de umidade semelhante ($P > 0,05$) ao de A.

Uma inversão entre hidratação e concentração de lipídio corporal (extrato etéreo) pôde ser observada em todos os ciclos alimentares durante a restrição alimentar, tanto do tratamento B quanto do C, em relação ao A. A restrição alimentar, portanto, contribuiu para a diminuição dos valores de extrato etéreo, refletida nas médias dos tratamentos B e C que foram inferiores ($P < 0,05$) às de A, no 1º e 2º ciclo. Posteriormente (3º ciclo), observou-se diferença ($P < 0,05$) somente entre os tratamentos A e C. Já no 4º ciclo, teores menores ($P < 0,05$) de extrato etéreo foram encontrados depois de 4 (tratamentos B e C) e 6 semanas de restrição alimentar (tratamento C), com recuperação dos valores ($P > 0,05$) após a realimentação.

Nenhuma alteração significativa ($P > 0,05$) foi observada entre os tratamentos A, B e C quanto aos teores de proteína bruta e cinzas, nos diferentes ciclos alimentares.

Discussão

Os valores encontrados para os parâmetros físico-químicos da água foram considerados adequados e/ou tolerados pelo pacu. Segundo Sipaúba-Tavares (1994) e Ostrensky e Boeger (1998), valores de oxigênio dissolvido entre 4 e 6 mg/L, pH de 6 a 8, transparência de 25 a 45 cm e alcalinidade total acima de 20 mg/L são ideais para o cultivo da espécie. A faixa de tolerância da amônia situa-se entre 0,6 e 2,0 mg/L e para nitrito, até 0,5 mg/L (Sipaúba-Tavares, 1994). Já o valor mínimo de O_2D suportado pelo pacu é de 1,5 mg/L e os limites de temperatura para a sua criação são de 20 e 30°C (Ostrensky e Boeger 1998).

Altas temperaturas aumentam a atividade metabólica (Dobson e Holmes, 1984), enquanto que baixas temperaturas resultam em diminuição na ingestão de alimento, crescimento (Ferraz de Lima *et al.*, 1988; Bernardino e Ferrari, 1989), metabolismo e

atividade (Borghetti e Canzi, 1993; Sealey *et al.*, 1998). Neste estudo, foram encontrados menores consumos de alimento nos dois primeiros ciclos, coincidindo com as estações mais frias do ano (outono/inverno), e a conversão alimentar aparente esteve próxima aos valores apresentados por Ferrari *et al.* (1990), Bernardino e Ferrari (1989) e Gonçalves (2001), que também trabalharam com o pacu.

A elevação da temperatura contribuiu para aumentar o consumo de ração, elevar a taxa de crescimento e melhorar a conversão alimentar (3º ciclo). Com a permanência da temperatura elevada, durante o 4º ciclo, houve aumento no consumo de alimento e na conversão alimentar, especialmente dos peixes do tratamento C que apresentaram ainda, menor crescimento em relação aos demais tratamentos. Segundo Ferraz de Lima *et al.* (1988), a velocidade de crescimento do pacu diminui a partir de um tamanho de 500 g, contribuindo para aumentar a conversão alimentar dos peixes constantemente alimentados.

A habilidade dos animais em recuperar o crescimento, quando realimentado após privação alimentar, é conhecida há muitos anos (Osborne e Mendel, 1915). Na natureza, períodos de jejum são comuns na vida dos peixes, especialmente quando há escassez de alimento ou diminuição na temperatura da água (Weatherley e Gill, 1987). As formas utilizadas para desencadear o crescimento compensatório são de grande interesse na aquicultura por possibilitar vantagens como aumento na taxa de crescimento e eficiência alimentar, bem como, diminuição dos gastos na produção e maior flexibilidade nos programas alimentares (Gaylord e Gatlin III, 2000).

Aumentos na taxa de crescimento após um período de baixo crescimento ou perda de peso tem sido amplamente pesquisados. Kim e Lovell (1995) observaram rápida recuperação no peso corporal de *Ictalurus punctatus*, equivalente ao controle, quando realimentados após um período de três semanas sem alimento. Respostas similares foram encontradas com a mesma espécie (Zamal e Ollevier, 1995; Gaylord e Gatlin III, 2000), *Oncorhynchus mykiss* (Quinton e Blake, 1990), *Oreochromis niloticus* (Melard *et al.*, 1997), *Sparus aurata* (Power *et al.*, 2000) e *Piaractus mesopotamicus* (Souza *et al.*, 2000; Gonçalves, 2001).

No presente estudo, as respostas de crescimento compensatório foram observadas em todos os ciclos, mas apenas nos dois primeiros o peso dos peixes foi similar (ciclo 1) ou levemente superior (ciclo 2) ao do controle. Esses ciclos coincidiram com épocas de

temperaturas mais baixas (outono/inverno), que, neste caso, pode ter ajudado o pacu a suportar melhor os períodos de restrição alimentar. Houve um crescimento mais acelerado dos peixes, em todos os tratamentos, com o aumento da temperatura da água. No 3º ciclo, apesar dos peixes dos tratamentos B e C não terem conseguido alcançar o peso dos de A, eles expressaram seu potencial para o crescimento compensatório.

Durante o jejum, a elevação da temperatura e, conseqüentemente, do metabolismo, aumenta as exigências para a sobrevivência, podendo ocorrer perdas de peso (Dobson e Holmes, 1984). No presente estudo, as altas temperaturas exigiram uma demanda extra de energia que os programas alimentares dos tratamentos B e C, no 4º ciclo, não atenderam. Nesses tratamentos, as condições biológicas dos peixes foram excedidas para a recuperação do crescimento. A privação alimentar pode ter sido suficientemente severa, resultando em uma limitada capacidade de crescimento compensatório e/ou perda de peso do pacu, assim como observado em tilápia híbrida (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) (Wang *et al.*, 2000). Isso mostra que a interação entre a duração e a severidade do período de restrição alimentar é de importância crítica para o sucesso do regime alimentar no restabelecimento do peso corporal (Jobling *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 2000).

Nos peixes, as reservas de energia são estocadas como carboidratos, lipídios e proteína (Weatherley e Gill, 1987). Neste estudo, apesar dos níveis de glicogênio e lipídio não terem sido medidos, uma rápida diminuição no IHS dos peixes durante a restrição alimentar indicou que os estoques de energia foram rapidamente utilizados. Quando realimentados, esses estoques foram restabelecidos, chegando, algumas vezes, a exceder aos observados em peixes alimentados. Respostas semelhantes foram encontradas em *Macquaria ambigua* (Collins e Anderson, 1995), *Clarias gariepinus* (Zamal e Ollevier, 1995), *Salmo salar* (Arndt *et al.*, 1996), *Piaractus mesopotamicus* (Souza *et al.*, 2000), *Ictalurus punctatus* (Gaylord e Gatlin III, 2000) e *Sparus aurata* (Power *et al.*, 2000). Entretanto, após 8 semanas sem alimento, nenhuma alteração no IHS foi observada por Regost *et al.* (2001) em *Salmo trutta*. Isso significa que os peixes respondem de forma diferente ao jejum, mas, na maioria das vezes, o lipídio hepático tende a ser mobilizado primeiro (Silva *et al.*, 1997). Segundo Power *et al.* (2000), nem sempre o IHS pode ser considerado um índice confiável para avaliar o estado nutricional porque ele pode ser

influenciado por outros fatores fisiológicos, como reprodução e doenças.

O tecido adiposo do mesentério é considerado um grande sítio de estoque de energia nos teleósteos (Sheridan, 1994). A gordura visceral parece ser um sítio de estoque de lipídios também no pacu. Neste estudo, diminuições no IGVS foram observadas durante a restrição alimentar. Reduções significativas do IGVS foram encontradas por Weatherley e Gill (1981) em *Salmo gairdneri*, depois de três semanas, e Gaylord e Gatlin II (2000) em *Ictalurus punctatus*, após 14 dias de jejum. A realimentação do pacu nem sempre permitiu uma recuperação semelhante à dos peixes continuamente alimentados, indicando que o lipídio dos depósitos viscerais é utilizado depois das reservas energéticas do fígado, como encontrado por Collins e Anderson (1995) e Souza e Urbinati (dados não publicados). A recuperação dos estoques energéticos mesentéricos não é tão rápida quanto à do fígado, indicando, novamente, que o fígado seja utilizado como fonte inicial de energia endógena (Collins e Anderson, 1995). Entretanto, a utilização da gordura visceral como a primeira reserva disponível foi relatada por Weatherley e Gill (1981) e Zamal e Ollevier (1995).

Os depósitos de lipídio podem ser localizados em diferentes tecidos ou órgãos de acordo com a espécie e idade do peixe e afetam a qualidade da carne (Regost et al., 2001). A análise da composição corporal do pacu revelou que os teores de lipídios (extrato etéreo) aumentaram no decorrer do ano, nos animais constantemente alimentados. Quando os animais passaram por períodos de restrição alimentar, observou-se uma hidratação dos tecidos e diminuição nos teores de extrato etéreo, mas após a realimentação os valores retornaram próximos aos do controle.

A restrição alimentar não afetou os teores de proteína bruta e cinza durante toda a fase experimental, de modo que a proteína corporal foi poupada às expensas dos estoques de lipídio na ausência do alimento. Parte dos lipídios deve ser utilizada para manter a estrutura e a função das membranas celulares, mostrando que essa fonte energética é essencial (Weatherley e Gill, 1987). Essas respostas concordam com as encontradas por Souza e Urbinati (dados não publicados), que trabalharam com a mesma espécie, e Xie et al. (2001), com *Carassius auratus*.

Durante a privação alimentar, os dois maiores constituintes do corpo, lipídio e proteína, tiveram taxas de mobilizações diferentes, com o lipídio utilizado como a principal fonte de energia, em *Salmo salar* (Cook et al., 2000). Após três semanas de

jejum, houve redução no lipídio e aumento na proteína e água da carcaça de *Oncorhynchus mykiss* (Quinton e Blake, 1990). Com sessenta e seis dias de restrição alimentar, Zamal e Ollevier (1995), encontraram diminuições nos teores de lipídio e proteína e aumento de água e cinzas na carcaça de *Clarias gariepinus*, enquanto diminuições nos teores de proteína foram observadas em *Salmo trutta*, após oito semanas sem alimento, embora sem alteração nos outros constituintes corporais (água, lipídio e cinzas).

Sob condições de cultivo, com fornecimento adequado de ração, os peixes têm pouca necessidade de mobilizar energia endógena (Cook et al., 2000). Por outro lado, eles estão sujeitos a períodos curtos de jejum, como acontece no pré-manejo, no pré-abate ou ainda, quando a temperatura está muito alta ou baixa. Longos períodos de baixa ingestão de alimento podem ocorrer, resultantes do fornecimento inadequado de alimentos, ou de estresse, como em casos de alta densidade de estocagem, baixa qualidade da água ou incidência de doenças. Todas essas situações podem levar à mobilização das reservas de lipídio, mas pouco se conhece sobre o assunto (Kießling et al., 2001). Na tentativa de melhorar a qualidade do filé de *Salmo salar*, Einen et al. (1998) submetem os animais a períodos de jejum antes do abate e constataram que trinta dias foram suficientes para mobilizar as reservas de lipídio sem provocar perda de peso corporal. Mas, acima disso, pode se tornar prejudicial, como observado também por Regost et al. (2001), com *Salmo trutta* após oito semanas de jejum.

A utilização de ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação no cultivo do pacu pode ser indicada para épocas do ano com temperaturas mais baixas, como aconteceu durante os dois primeiros ciclos alimentares, proporcionando respostas satisfatórias de crescimento compensatório, sem afetar a qualidade da carcaça. Entretanto, outros programas devem ser testados para se obter melhores respostas durante o período de temperaturas mais altas do ano.

Apesar de a restrição alimentar provocar diminuições nos teores de lipídio, tanto visceral quanto da carcaça, esses estoques foram recuperados após a realimentação e não houve prejuízo quanto aos teores de proteína bruta. É interessante que períodos de restrição alimentar antes do abate sejam experimentados, para tentar melhorar a qualidade da carne do pacu, diminuindo o teor de gordura, mas não o peso e a proteína corporais.

Agradecimentos

À fábrica de Rações Guabi Ltda pela doação das rações, à J.L. Química da Água Ltda pela doação dos reagentes utilizados nas análises de água, à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás pelo uso das instalações e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudo.

Referências

- A.O.A.C. - Association of Official Agriculture Chemists. *Official methods of analysis*. 14 th edn. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1984.
- ARNDT, S.K.A. *et al.* Effect of temporary reductions in feeding on protein synthesis and energy storage of juvenile Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, London, v. 49, p. 257-276, 1996.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: Funep, 1987.
- BERNARDINO, G.; FERRARI, V.A. Efeitos do uso da ração comercial no desempenho do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 em cativeiro. *Bol. Téc. Cepta*, Pirassununga, v.2, p.19-33, 1989.
- BORGHETTI, J.R.; CANZI, C. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. *Aquaculture*, Amsterdam, v.114, p.93-101, 1993.
- COLLINS, A.L.; ANDERSON, T.A. The regulation of endogeneous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *J. Fish Biol.*, London, v.47, p.1004-1015, 1995.
- COOK, J.T. *et al.* Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.188, p.47-63, 2000.
- DOBSON, S.H.; HOLMES, R.M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, London, v.25, p.649-656, 1984.
- EINEN, O. *et al.* Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). I. Effects on weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, Amsterdam, v.166, p.85-104, 1998.
- FERRARI, V.A. *et al.* Monocultura de pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, em condições de viveiro-estufa. *Bol. Téc. Cepta*, Pirassununga, v.3, p.33-42, 1990.
- FERRAZ DE LIMA, J.A. *et al.* Comportamento do pacu, *Colossoma mitrei*, em cultivo experimental, no Centro-Oeste do Brasil. *Bol. Téc. Cepta*, Pirassununga, v.1, p.15-28, 1988.
- GARDINER, W.R.; GEDDES, P. The influence of body composition on the survival of juvenile salmon. *Hydrobiologia*, Bucharest, v.69, n.1-2, p.67-72, 1980.
- GAYLORD, T.G.; GATLIN III, D.M. Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. *J. World Aqua. Soc.*, Baton Rouge, v.31, n.3, p.326-336, 2000.
- GONÇALVES, F.D. Metabolismo energético e desempenho produtivo de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína. 2001. Dissertação (Mestrado) - Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- JOBLING, M.; MIGLAVS, I. The size of lipid depots - a factor contributing to the control of food intake in Arctic charr, *Salvalinus alpinus*? *J. Fish Biol.*, London, v.43, p.487-489, 1993.
- KIESSLING, A. *et al.* Changes in fatty acid composition in muscle and adipose tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. *Food Chem.*, v.73, p.271-284, 2001.
- KIM, M.K.; LOVELL, R.T. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, v.135, p.285-293, 1995.
- LOVE, R.M. *The chemical biology of fishes*. Vol. 2. London: Academic Press, 1980.
- MÉLARD, C. *et al.* Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE 4., vol. 1, 1997, Orlando. Proceedings... Orlando: NRAES, 1997, p.178-185.
- OSBORNE, J.C.; MENDEL, L.B. The resumption of growth after long continued failure to grow. *J. Biol. Chem.*, v.23, p.439-455, 1915.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. *Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo*. Guaíba: Agropecuária, 1998.
- POWER, D.M. *et al.* The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *J. Fish Biol.*, London, v.56, p.374-387, 2000.
- QUINTON, J.C.; BLAKE, R.W. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Fish Biol.*, London, v.37, p.33-41, 1990.
- REGOST, C. *et al.* Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. *Aquaculture*, Amsterdam, v.193, p.325-345, 2001.
- SEALEY, W.M. *et al.* Restricted feeding regimes increase production efficiency in channel catfish. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center, 1998. (SRAC Publication, 189).
- SHERIDAN, M.A. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, Oxford, v.1107B, p.495-508, 1994.
- SILVA, S.D. *et al.* Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short-term starvation, and a comparison with changes in seawater raised fish. *Aquaculture*, Amsterdam, v.153, p.273-290, 1997.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. *Limnologia aplicada à aqüicultura*. Jaboticabal: Funep, 1994.

SOUZA, V.L. *et al.* Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. Aqua. Trop.*, Calcutta, v.15, n.4, p.371-379, 2000.

WANG, Y. *et al.* Compensatory growth in Hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus x O. niloticus*, reared in sea water. *Aquaculture*, Amsterdam, v.189, p.101-108, 2000.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, London, v.18, p.195-208, 1981.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. *The biology of fish growth*. London: Academic Press, 1987.

XIE, S. *et al.* Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *J. Fish Biol.*, London, v.58, p.999-1009, 2001.

ZAMAL, H.; OLLEVIER, F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish. *J. Fish Biol.*, London, v.46, p.404-414, 1995.

Received on February 18, 2002.

Accepted on March 28, 2002.