

CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO DE JUVENIS DE MATRINXÃ (*BRYCON AMAZONICUS*) SUBMETIDOS A JEJUM E REALIMENTAÇÃO

Márcia Simões dos Santos¹, Marle Angélica Villacorta-Correa², Christiane Patrícia Feitosa de Oliveira³, Cristian Amado Castro-Pérez⁴ e Luís André Sampaio⁵

¹Universidade Federal do Rio Grande
(marciaquicultura@gmail.com)

²Universidade Federal do Amazonas
(marle@ufam.edu.br)

³Universidade Federal do Amazonas
(chrispfo@gmail.com)

⁴Instituto de Pesquisas da Amazônia
(cristhiancastro2000@yahoo.com.br)

⁵Universidade Federal do Rio Grande
(sampaio@mikrus.com.br)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento compensatório em juvenis de matrinxã submetidos a jejum e realimentação. Os juvenis foram submetidos a três tratamentos alimentares: Controle: alimentação *ad libitum* por 60 dias; J10: alimentação *ad libitum* por 10 dias, seguido de jejum por 10 dias e realimentação por 40 dias; e J20: jejum de 20 dias e realimentação *ad libitum* por 40 dias. Os resultados mostraram crescimento compensatório total para juvenis de matrinxã em jejum durante 10 ou 20 dias. Embora não significativo, houve uma tendência de incremento no ganho de peso, taxa de crescimento específico e eficiência alimentar para peixes em jejum, comparado ao controle. Apesar de ocorrer um aumento no consumo de alimento pós-jejum, o consumo total de ração foi menor para os peixes em jejum. Os metabolitos plasmáticos não foram afetados durante restrição alimentar. O crescimento compensatório é totalmente alcançado em juvenis de matrinxã e há uma redução de 37% no consumo de ração para estes peixes em jejum durante 20 dias, uma questão importante para a piscicultura intensiva.

Palavras-chave: alimentação, ganho de peso, metabólitos, juvenis, matrinxã

¹ Mestre em Aquicultura.

² Doutora em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Departamento de Ciências Pesqueiras.

³ Doutora em Biotecnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências Pesqueiras.

⁴ Doutor em Biotecnologia, Instituto de Ciências Biológicas.

⁵ Doutor em Oceanografia Biológica, Instituto de Oceanografia.

ABSTRACT

The objective of this work was to study compensatory growth in juvenile matrinxã subjected to fasting and refeeding. Juvenile were submitted to different feeding protocols: Control: fish were fed *ad libitum* for 60 days; F10: fish were fed *ad libitum* for 10 days, fasted for 10 days, and fed *ad libitum* again for 40 days; and F20: fish were fasted for 20 days and fed *ad libitum* for the next 40 days. The results showed full compensatory growth for juvenile matrinxã fasted for 10 or 20 days, as evidenced by the similar final weight among fish of all treatments. Though not significant, there was a trend for increased weight gain, specific growth rate and feed efficiency for fish fasted, compared to control. Despite an increase in the consumption of food after fasting, total feed intake was lower for fish fasting. Plasmatic metabolites were not affected during feeding restriction, showing good tolerance of juvenile matrinxã for at least 20 days of fasting. Compensatory growth is fully achieved and there is an overall reduction of 37% on feed consumption for fish fasted for 20 days, an important issue for intensive fish culture.

Keywords: feeding, weight gain, metabolites, juvenile, matrinxã

INTRODUÇÃO

A redução na disponibilidade de alimento na natureza pode fazer com que os peixes sofram diferentes níveis de jejum, afetando o seu crescimento (TIAN e QIN, 2003). O retorno às condições adequadas de alimentação após o período de jejum pode resultar em um rápido crescimento, fenômeno conhecido como crescimento compensatório (JOBLING, 1993; BAVČEVIĆ et al., 2010).

A resposta de crescimento compensatório pode ser classificada em quatro tipos: 1) sobre compensação: os peixes restritos sob jejum apresentam peso maior do que o dos peixes continuamente alimentados; 2) compensação total: os peixes sob jejum alcançam o mesmo peso dos peixes continuamente alimentados; 3) compensação parcial: os peixes sob jejum exibem acelerado crescimento após realimentação, mas não alcançam o peso dos peixes continuamente alimentados; e 4) a não compensação: os peixes não mostram respostas compensatórias no período de realimentação (ALI e WOOTTON, 2003).

Durante o jejum, os processos vitais são assegurados pelas reservas endógenas estocadas como carboidrato, lipídios e proteínas (WEATHERLEY e GILL, 1987) e mudanças morfológicas observadas em alguns tecidos durante esse período são geralmente atribuídas ao consumo dessas reservas (RIOS et al., 2006). A mobiliza-

ção das reservas pode variar de espécie para espécie, do tipo de reserva utilizada, do tecido do qual essas fontes são obtidas (SILVA et al., 1997) e do período de jejum (VAN DEN THILLART e VAN RAAIJ, 1995).

Ciclos curtos de jejum e realimentação foram realizados em adultos de matrinxã para avaliar o efeito sobre o crescimento e desempenho reprodutivo (CARVALHO e URBINATI, 2005). Os resultados concluíram que reduções de 40% do alimento ao mês não afetam os processos fisiológicos da reprodução, resultando em diminuição de custos durante o preparo dos reprodutores.

A matrinxã habita as planícies inundadas da Amazônia e durante seu ciclo de vida realiza migrações tróficas, de dispersão e reprodutivas (ZANIBONI-FILHO, 1985; VILLACORTA-CORREA, 1987). Durante o processo migratório, apresenta um comportamento alimentar que é influenciado pelo pulso de inundação, com abundância de alimento durante a enchente e cheia e escassez de alimento na vazante e seca (ZANIBONI-FILHO et al., 1988; PIZANGO-PAIMA; PEREIRA-FILHO; OLIVEIRA-PEREIRA, 2001). Com base no comportamento alimentar desta espécie na natureza, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento compensatório em juvenis de matrinxã submetidos a jejum e realimentação através de análises de desempenho, dos índices biométricos e respostas metabólicas.

MÉTODO OU FORMALISMO

O experimento foi realizado na Estação de Aquicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (Manaus, Amazonas) durante 60 dias. Juvenis de matrinxã ($13,3 \pm 4,2$ g) foram adquiridos de uma piscicultura comercial e adaptados às condições experimentais em tanques circulares de 250 L, alimentados diariamente com ração comercial contendo 40% de proteína bruta.

Após o período de aclimação, 153 peixes ($17,0 \pm 1,1$ g) foram divididos aleatoriamente em nove tanques sob um delineamento inteiramente casualizado constando de três tratamentos cada um com três repetições:

- Controle (C) – peixes alimentados *ad libitum* durante todo período experimental;
- Jejum 10 (J10) – peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias;
- Jejum 20 (J20) – peixes sob jejum de 20 dias e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias.

Os parâmetros de qualidade da água, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L) e pH foram registrados duas vezes ao dia (7h e 17h).

Os peixes foram amostrados no início, após término do jejum (20 dias) e ao final do experimento (60 dias). Os peixes foram anestesiados e dissecados para retirada de sangue, músculo e pesagem do fígado e gordura visceral. Durante a amostragem, os peixes foram medidos (cm) e pesados (g) para avaliação do crescimento e índices biométricos, tais como:

- Índice de gordura visceral (IGV) = (peso da gordura visceral/peso corporal) x 100.
- Índice Hepatosomático (IHS) = (peso do fígado/peso corporal) x 100.

As amostras de sangue foram coletadas da região caudal e colocadas em micro tubos de 1,5mL previamente heparinizados. Em seguida, as amostras foram centrifugadas e o plasma congelado em nitrogênio líquido e armazenado a -80°C até posterior análise.

Para a dosagem das concentrações plasmática da glicose e triglicérides e a determinação de glicogênio do fígado e músculo, foram utilizados kits analíticos enzimáticos da marca Invitro® específico para cada análise. As amostras foram lidas em espectrofotômetro de placa em 510nm.

O desempenho zootécnico dos peixes foi analisado por meio da Taxa de arraçamento (TA), consumo total de alimento (CTA), ganho individual de peso (GP) e da taxa de crescimento específico (TCE). Para o cálculo dos índices zootécnicos foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- Taxa de arraçamento = $100 \times [\text{peso médio diário de ração seca ofertada (g)}/\text{massa média do peixe (g)}]$, sendo a massa média = $(\text{peso médio final} + \text{peso médio inicial})/2$;
- Consumo total de alimento (g) = total de alimento consumido (g) durante o experimento;
- Ganho individual de peso (g) = peso final – peso inicial;
- Taxa de crescimento específico (%/dia) = $[(\ln P_{\text{final}} - \ln P_{\text{inicial}}) / t] \times 100$. Onde: $\ln$ = logaritmo neperiano; P = peso e t = tempo em dias.

Os resultados foram analisados através de Análise de Variância de um fator seguida do Teste de Tukey quando diferenças significativas ($p < 0,05$) foram detecta-

das (ZAR, 1999). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SigmaStat 3.5.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros físicos e químicos da água estão demonstrados na tabela 1. Os valores médios de oxigênio dissolvido, temperatura e pH dos tanques dos três tratamentos não apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) nem entre os tratamentos e nem entre o período da manhã e tarde, permanecendo dentro dos limites adequados para o cultivo de peixes tropicais (ARANA, 2005) (veja Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios ($\pm$ erro padrão) de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (OD) e pH nos tanques de juvenis de matrinxã durante 60 dias de experimento

Tratamento	T $^{\circ}\text{C}$		OD mg/L		pH	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
C	27,0 $\pm$ 0,2 ^a	28,1 $\pm$ 0,3 ^a	6,5 $\pm$ 0,1 ^a	6,6 $\pm$ 0,2 ^a	7,0 $\pm$ 0,0 ^a	6,9 $\pm$ 0,1 ^a
J10	27,1 $\pm$ 0,2 ^a	28,4 $\pm$ 0,4 ^a	6,4 $\pm$ 0,1 ^a	6,9 $\pm$ 0,1 ^a	7,0 $\pm$ 0,0 ^a	6,9 $\pm$ 0,0 ^a
J20	26,8 $\pm$ 0,2 ^a	28,6 $\pm$ 0,5 ^a	6,8 $\pm$ 0,1 ^a	6,8 $\pm$ 0,2 ^a	7,0 $\pm$ 0,0 ^a	6,8 $\pm$ 0,1 ^a

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos.

Na natureza, a variação na disponibilidade e redução no consumo de alimento permite que os peixes sofram diferentes níveis de jejum durante sua ontogenia, levando muitas vezes a uma variação na taxa de crescimento (TIAN e QIN, 2003). De acordo com Metcalfe e Monaghan (2001) períodos de jejum e realimentação podem comprometer o desempenho dos peixes na fase juvenil.

Neste estudo, após 20 dias de experimento, o peso dos peixes alimentados continuamente teve um incremento de 88,6%. O crescimento dos peixes alimentados por 10 dias e mantidos em jejum por mais 10 dias foi de apenas 2,5g, equivalente a um incremento de peso de 15,1%. Por outro lado, o jejum de 20 dias resultou na perda de 16,5% do peso dos peixes. Após o período de realimentação de 40 dias, os resultados de crescimento dos peixes submetidos ao jejum foram semelhantes

ao controle (veja Tabela 2), indicando que houve resposta compensatória total do crescimento tanto em peso, conforme descrito por Jobling (1994) quanto em comprimento, como referido por Bavcevic et al. (2010).

Tabela 2 - Valores de peso total médio (PT) e comprimento padrão médio (CP) de juvenis de matrinxã

Período (dias)	C		J10		J20	
	PT	CP	PT	CP	PT	CP
Início	18,4±2,4 ^{Aa}	8,9±0,2 ^{Aa}	16,5±1,4 ^{Aa}	8,9±0,2 ^{Aa}	16,4±1,1 ^{Aa}	8,9±0,1 ^{Aa}
20*	34,7±4,6 ^{Ba}	10,6±0,3 ^{Ba}	19,0±3,2 ^{Ab}	9,4±0,4 ^{Ab}	13,7±1,0 ^{Ab}	8,8±1,4 ^{Ab}
60**	44,4±4,4 ^{Ca}	12,0±0,3 ^{Ca}	45,7±3,1 ^{Ca}	12,4±0,1 ^{Ca}	49,0±5,1 ^{Ca}	12,5±0,6 ^{Ca}

*Fim do período de jejum; **Fim do período de realimentação. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ao longo do tempo e minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos no mesmo tempo (Teste Tukey, $P < 0,05$).

Um mecanismo que pode levar à ocorrência de crescimento compensatório é a hiperfagia, que pode ser constatada pelo aumento do consumo de alimento nos dias de realimentação (ALI e WOOTTON, 2003). Geralmente, os peixes submetidos à privação alimentar tornam-se hiperfágicos quando a alimentação é restabelecida (ZHU et al., 2005). A tendência no aumento do consumo de alimento evidenciado pela taxa de arraçoamento pós-jejum mostrou que os juvenis apresentaram hiperfagia durante a realimentação (veja Tabela 3), o que deve ter colaborado para a confirmação do crescimento compensatório total. A hiperfagia tem sido observada em muitos estudos envolvendo crescimento compensatório em peixes (HAYWARD; NOLTIE; WANG, 1997; WANG; CUI; YANG, 2000; XIE et al., 2001; TIAN e QIN, 2003).

O jejum alimentar também pode ser utilizado como estratégia para reduzir o desperdício de alimento na piscicultura (KINDSCHL, 1998). Neste estudo, o manejo alimentar praticado proporcionou uma economia de 36,9% com alimento (veja Tabela 3). Apesar de ocorrer uma redução no consumo total de alimento, houve uma tendência de aumento no ganho de peso, apesar de não haver diferenças significativas ($p < 0,05$), dos peixes sob jejum em relação aos continuamente alimentados, sugerindo que o jejum é capaz de induzir aumento no ganho de peso durante realimentação através da hiperfagia. Entretanto, a taxa de crescimento específico (TCE) foi maior para os peixes submetidos ao jejum durante a realimentação, sendo diferentes significativamente ($p > 0,05$) do controle apenas os peixes submetidos a

20 dias de jejum (veja Figura 1).

Tabela 3 - Índice de desempenho e consumo de alimento de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares após 60 dias de experimento

Índices	C	J10	J20
Ganho de peso (g)	25,9±1,2 ^a	29,2±4,4 ^a	32,6±9,5 ^a
Taxa de Arraçoamento pós-jejum (% peso/dia)	6,9	8,9	10,3
Consumo total de alimento (g)	523	453	330
Redução da quantidade de alimento (%)	-	13,4	36,9

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos (Teste Tukey, $P < 0,05$).

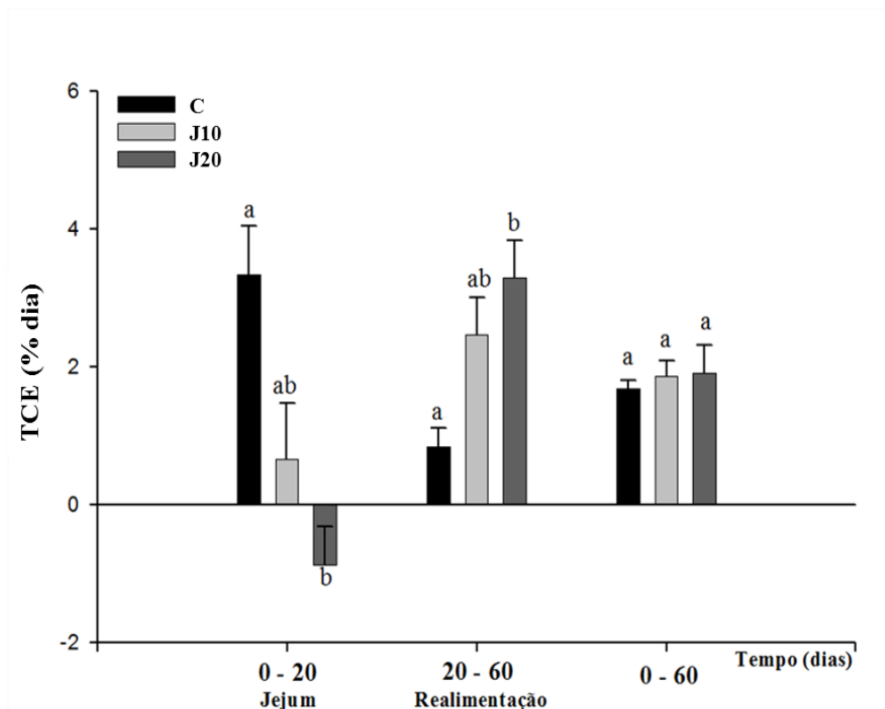


Figura 1: Taxa de crescimento específico (%/dia) (TCE) de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares. Letras diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta (Teste Tukey, $P < 0,05$)

As respostas metabólicas devido à falta de alimento variam dependendo de vários fatores, tais como, a espécie, a idade e o tamanho do peixe (MÉNDEZ e WIESER, 1993). A glicose é armazenada como glicogênio hepático e muscular e mobilizada para proporcionar suporte energético aos peixes. Sua concentração no sangue varia intra e interespecificamente, de acordo com o estágio de desenvolvimento e o regime de alimentação (WENDELAAR-BONGA, 1997, HEMRE, G.I; MOMMSEN; KROGDAHL, 2002), sendo importante que a glicemia seja mantida durante períodos de jejum (GILLIS e BALLANTYNE, 1996).

De acordo com alguns autores, a manutenção dos níveis de glicose se deve à: i) redução da taxa de utilização da glicose, ii) aumento dos potenciais de gliconeogênese e glicogenólise e iii) reforço da capacidade do fígado para exportar glicose (SANGIAO-ALVARELLOS et al., 2005; POLAKOF et al., 2006). Nesse estudo, não foram observadas mudanças nos níveis de glicose no sangue durante o jejum (veja Tabela 4), corroborando com os resultados observados em adultos da mesma espécie (FIGUEIREDO-GARUTTI et al., 2002). Adicionalmente, a manutenção dos níveis de glicose já foi reportada para o esturjão (*Acipenser transmontanus*) (HUNG et al., 1997), adultos de jundiá (*Rhamdia quelen*) (BARCELOS et al., 2010) e juvenis de esturjão *Persa Acipenser persicus* (YARMOHAMMADI et al., 2012).

Tabela 4 - Valores médios dos metabólitos plasmáticos em juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares

Tempo (dias)	Metabólitos plasmáticos (mg/dL ⁻¹)					
	C		J10		J20	
	Glicose	Triglicerídeos	Glicose	Triglicerídeos	Glicose	Triglicerídeos
0	132,4±7,8 ^{Aa}	305,8±33,3 ^{Aa}	163,4±15,6 ^{Aa}	313,8±26,2 ^{Aa}	134,3±6,7 ^{Aa}	257,7±19,0 ^{Aa}
20	159,5±19,3 ^{Aa}	333,0±30,8 ^{Aa}	133,6±7,6 ^{Aa}	288,2±22,6 ^{Aa}	144,8±30,3 ^{Aa}	265,1±13,7 ^{Aa}
60	151,1±15,9 ^{Aa}	485,3±28,1 ^{Bab}	152,6±8,4 ^{Aa}	584,6±130,1 ^{Ba}	118,0±11,2 ^{Aa}	276,5±29,6 ^{Ab}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e mesmo tratamento indicam diferenças significativas ao longo do tempo (Teste Tukey, P<0,05).

Ao ser submetido a jejum, o peixe utiliza as reservas lipídicas de forma a repor os níveis energéticos (MANCERA et al., 2008). Os níveis de triglicerídeos plasmáticos observados neste estudo, não apresentaram redução durante o jejum (veja

Tabela 4). Esses resultados corroboram com os resultados de IGV durante o jejum (veja Figura 2), mostrando não haver mobilização de gordura para atender as necessidades de manutenção dos peixes, pois os triglicerídeos circulantes considerados indicadores da metabolização de gordura durante o jejum, não sofreram variações (MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999).

Os índices biométricos neste estudo não sofreram alterações durante o jejum. Entretanto, houve um aumento significativo ($p>0,05$) após realimentação nos valores de IHS nos peixes sob jejum de 10 dias e de IGV nos peixes sob jejum de 20 dias (veja Figuras 2 e 3). Nikki et al. (2004) estudando juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) submetidos a 2, 4, 8 e 14 dias de jejum e realimentados até que a ingestão de alimento fosse igual a do controle, não observaram diferenças significativas no IHS ou na quantidade de gordura visceral.

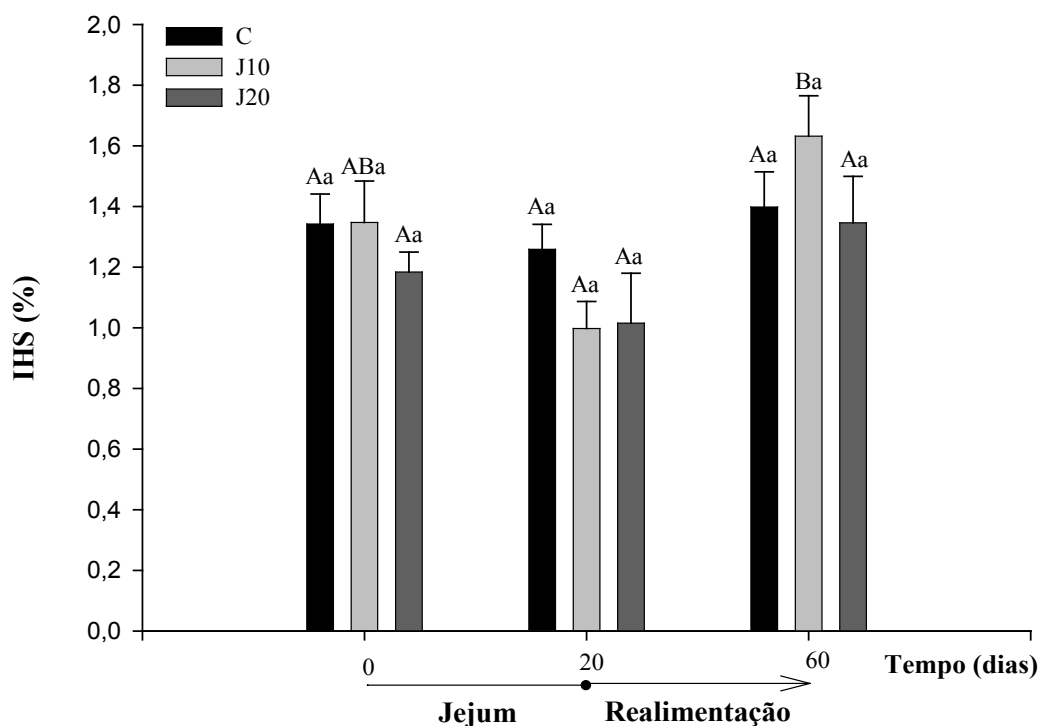


Figura 2: Índice Hepatosomático (IHS) de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes tratamentos alimentares. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e maiúscula diferente indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo (Teste Tukey, $P<0,05$)

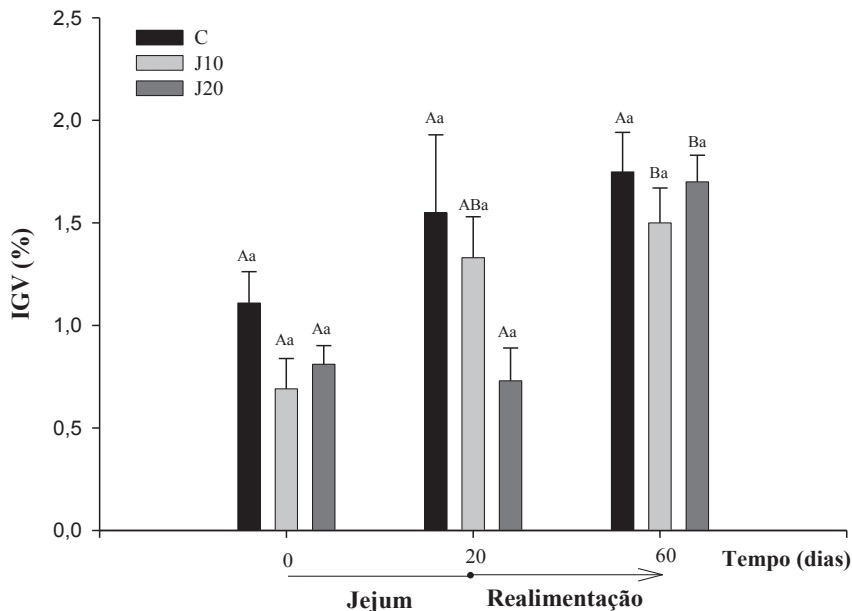


Figura 3: Índice de gordura visceral (IGV) de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes tratamentos alimentares. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e maiúscula diferente indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo (Teste Tukey, $P < 0,05$)

Na maioria dos peixes, o glicogênio hepático é geralmente o primeiro substrato usado como fonte de energia para a manutenção dos níveis de glicose durante o jejum (METÓN, I; FERNANDEZ; BAANANTE, 2003), podendo exibir alterações na sua concentração frente a períodos curtos de jejum (HUR; JO; PARK, 2006). Nesse estudo, o aumento nos níveis de glicogênio hepático (veja Tabela 5), provavelmente está relacionado ao aumento da gliconeogênese, que contribui para a manutenção dos níveis de glicose, em alguns casos, presentes em condições de jejum (FIGUEIREDO-GARUTTI et al., 2002), sendo também observado neste estudo. A gliconeogênese é a rota responsável pela síntese de glicose de novo e síntese de glicogênio a partir de precursores não glicídicos como lactato, aminoácidos e glicerol (MOON, 1988).

Nos peixes, o músculo tem uma baixa capacidade de acumular reservas de energia, e apenas sob condições extremas de jejum o glicogênio muscular pode ser requerido, em menor magnitude que o hepático, para suprir o déficit energético no organismo (NAVARRO; GUTIÉRREZ; PLANAS, 1992). A redução na concentração des-

te metabólito nos peixes após jejum de 20 dias, possivelmente, está mais relacionada a um incremento na atividade muscular do que com a privação de alimento, segundo Navarro e Gutiérrez (1995).

Tabela 5 - Concentração de glicogênio no fígado e no músculo de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares

Tempo (dias)	Glicogênio (mg/dL ⁻¹)					
	C		J10		J20	
	Fígado	Músculo	Fígado	Músculo	Fígado	Músculo
0	6,9±1,0 ^{Aa}	3,2±0,1 ^{Aa}	6,9±1,5 ^{Aa}	3,4±0,2 ^{Aa}	4,2±0,6 ^{Aa}	3,2±0,1 ^{Aa}
20	6,4±0,9 ^{Aa}	2,5±0,3 ^{Aa}	15,7±1,0 ^{Bb}	2,8±0,3 ^{Aab}	12,1±1,7 ^{Bb}	2,0±0,2 ^{Bac}
60	3,4±0,8 ^{Aa}	2,7±0,1 ^{Ba}	6,3±0,6 ^{Ab}	2,3±0,3 ^{Ba}	5,5±0,6 ^{Ab}	3,1±0,3 ^{Aa}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e mesmo tratamento indicam diferenças significativas ao longo do tempo (Teste Tukey, P<0,05).

Neste estudo, juvenis de matrinxã durante o período de jejum, aparentam utilizar estratégias de conservação de energia catabólica, minimizando as perdas de energia em alguns tecidos, além de fazer uso da gliconeogênese para manutenção dos níveis de glicose sanguínea. Contudo, essas alterações metabólicas dependem da espécie e da duração do jejum (NAVARRO E GUTIÉRREZ, 1995; POTTINGER; RAND-WEAVER; SUMPTER, 2003). Adicionalmente, estudos realizados com adultos de matrinxã demonstraram que esta espécie é capaz de promover ajustes metabólicos para manter a homeostase durante períodos curtos de jejum (FIGUEIREDO-GARUTTI et al., 2002; Carvalho e Urbinati, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a fase juvenil a matrinxã apresenta boa adaptabilidade ao jejum sem prejuízo no seu desempenho produtivo, apresentando crescimento compensatório total após 20 dias de jejum e seguido por 40 dias de realimentação, além de ajustar-se metabolicamente para manter a homeostase durante períodos curtos de jejum. O protocolo alimentar utilizado pode servir como estratégia para reduzir o desperdício de alimento de até 36,9% para esta espécie.

AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro: CNPq, FAPESAM (RH-POSGRAD) e UFAM.

Apoio técnico: Jefferson Moraes e Ellan Paes.

Apoio laboratorial: Dra. Christiane Patrícia Feitosa de Oliveira.

REFERÊNCIAS

ALI, M.N.; WOOTTON, R.J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**, v. 4, p. 147-190, 2003.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões**. 2 ed. rev. e ampl. Florianópolis. Ed. da UFSC. 231 pp, 2005.

BARCELOS, L.J.G. et al. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhandia quelen*. **Aquaculture**, v. 300, p. 231-236, 2010.

BAVČEVIĆ, L. et al. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. **Aquaculture**, v. 301, p. 57-63, 2010.

CARVALHO, E.G.; URBINATI, E.C. Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido à restrição alimentar e realimentação durante um ano. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 897-902, 2005.

FIGUEIREDO-GARUTTI, M.L. et al. Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 132, p. 467-476, 2002.

GILLIS, T.E.; BALLANTYNE, J.S. The Effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. **Journal of Fish Biology**, v. 49, p. 1306-1316, 1996.

HAYWARD, R.S.; NOLTIE, D.B.; WANG, N. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. **Transactions of American Fisheries Society**, v. 126, p. 316-322, 1997.

HEMRE, G.I.; MOMMSEN, T.P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects

on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 175-194, 2002.

HUNG, S.S.O. et al. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. **Aquaculture**, v. 151, p. 357-363, 1997.

HUR, J.W.; JO, J.H.; PARK, I.S. Effects of long-term starvation on hepatocyte ultrastructure of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Ichthyological Research**, v. 53, p. 306-310, 2006.

JOBLING, M. **Fish Bioenergetics**. Chapman & Hall, London, 328p, 1994.

JOBLING, M. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: **Fish Ecophysiology** (Rankin JC, Jensen FB, eds), Chapman & Hall, London, 1993. p.1-44.

KINDSCHI, G.A. Effect of intermittent feeding on growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquacult Fish Manage**, v. 19, p. 213-215, 1988.

KUBTZA, F. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v. 8, n. 45, p. 36-41, 1998.

MANCERA, J.M. et al. High density and food deprivation affect arginine vasotocin, isotocin and melatonin in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 149, p. 92-97, 2008.

MENDEZ, G.; WIESER, W. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 36, p. 73-81, 1993.

METCALFE, N.B; MONAGHAN, P. Compensation for bad start: grow now, pay later?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, p. 254-260, 2001.

METÓN, I.; FERNANDEZ, F.; BAANANTE, I.V. Short- and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis-gluconeogenesis in the liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v. 225, p. 99-107, 2003.

MOMMSEN, T.P.; VIJAYAN, M.M.; MOON, T.W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, p. 211-268, 1999.

MOON, T.W. Adaptation, constraint and function of the gluconeogenic pathway. **Canadian Journal of Zoology**, v. 66, p. 1059-1068, 1988.

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; PLANAS, J. Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in brown trout (*Salmo trutta fario*). **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 102, p. 401-407, 1992.

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J. Fasting and starvation. In: Hochachaka, P.W., Mommsen, T.P. (Eds.). **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes**, 1995. Elsevier, Amsterdam, p. 393-434.

NIKKI, et. al. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. **Aquaculture**, v. 235, n. 1/4, p. 285-296, 2004.

PIZANGO-PAIMA, E.G.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Composição corporal e alimentar do matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869), na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 3, p. 509-520, 2001.

POLAKOF, S. et al. Food deprivation alters osmoregulatory and metabolic responses to salinity acclimation in gilthead sea bream *Sparus auratus*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 176, p. 441-452, 2006.

POTTINGER, T.G.; RAND-WEAVER, M.; SUMPTER, J.P. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilization. **Comparative Biochemistry and Physiology B**, v. 136, p. 403-417, 2003.

RIOS, F.S. et al. Mobilization and recovery of energy stores in traíra, *Hoplias malabaricus* Bloch (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after re-feeding. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 176, p. 721-728, 2006.

SANGIAO ALVARELLOS, S. et al. Interactive effects of the high stocking density and food deprivation on carbohydrate metabolism in several tissues of gilthead sea bream *Sparus auratus*. **Journal of Experimental Zoology A**, v. 303, p. 761-77, 2005a.

SILVA, S.S.; GUNASEKARA, R.M.; AUSTIN, C.N. 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**, v. 153, p. 273-290, 1997.

TIAN, X; QIN, J.G. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, v. 224, p. 169–179, 2003.

VAN DEN THILLART, G; VAN RAAI, M. Endogenous fuels, non invasive versus invasive approaches. In: HOCHACHKA, PW & MOMMSEN, P. **Biochemistry and Experimental Zoology**, 1995. v. 271, n. 6, p. 425-431.

VILLACORTA-CORRÊA, M. **Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1969) (teleostei:Characidae) no baixo rio negro, seus afluentes e no baixo Solimões**. 1987. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 1987.

WANG, Y; CUI, Y; YANG, Y. Compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* reared in sea water. **Aquaculture**, v. 189, n. 1/2, p. 101-108, 2000.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. Dynamics of muscle growth in fish. In:_____. (Org.). **The Biology of Fish Growth**. Academic Press, Inc., 1987. p. 150-161.

WENDELAAR-BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, p. 591-625, 1997.

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

YARMOHAMMADI, M.A. et al. Effect of starvation and re-feeding on growth performance and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, n. 5, p. 692–696, 2012.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

ZANIBONI-FILHO, E. **Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei, Characidae)**. 1985. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. 1985.

ZANIBONI-FILHO, E. et al. Caracterização morfológica do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, n. 1, p. 41-50, 1988.

ZHU, X. et al. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. **Aquaculture**, v. 248, p. 307–314, 2005.