

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO E METABOLISMO EM PACUS (*Piaractus
mesopotamicus*) SUBMETIDOS AO MANEJO DE RESTRIÇÃO
ALIMENTAR TOTAL E REALIMENTAÇÃO**

Karine Nathiele Nogueira Farias

CAMPO GRANDE, MS
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**CRESCIMENTO E METABOLISMO EM PACUS (*Piaractus
mesopotamicus*) SUBMETIDOS AO MANEJO DE RESTRIÇÃO
ALIMENTAR TOTAL E REALIMENTAÇÃO**

Growth and metabolism in pacus (*Piaractus mesopotamicus*) submitted to food total restriction management and refeeding

Karine Nathiele Nogueira Farias

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal

CAMPO GRANDE, MS
2018

A Deus, uma força maior...
À minha família por todo o suporte prestado a mim.
Mãe.. mulher maravilhosa, pai.. querido e adorado.
Irmã amiga e companheira..
Vocês tornam a minha vida mais leve,
obrigada por fazerem parte dela.
Amo vocês infinitamente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Jesus e a Nossa Senhora por me protegerem, fortalecerem e por todas as bênçãos concedidas a mim até os dias de hoje.

Aos meus pais, Jociane Dutra Nogueira Farias e José Manoel Farias por todo amor, carinho e confiança disponibilizada a mim, por serem compreensivos e me apoiarem em todas as necessidades, passando os seus conhecimentos, sobre os valores e conquistas da vida.

À minha irmã, Karla Christine Nogueira Farias, pela grande amiga, companheira, querida e batalhadora. Obrigada por sempre estar presente na minha caminhada, me dando apoio carinho e conselhos.

À toda minha família, por ser abençoada por Deus e por todos serem incríveis, por acreditarem em mim, se dedicarem e por todo amor e carinho recebido. Sendo responsáveis em me conceder força para persistir e jamais

Aos meus avós e meus padrinhos por todos os ensinamentos, suportes, cuidados, carinhos e palavras de conforto que compartilharam comigo, tornando a minha vida mais serena.

Aos meus amigos, por estarem presentes nos momentos mais importantes da minha vida, proporcionando alegria, companheirismo e acolhimento nos momentos mais necessários.

Ao meu namorado pela amizade, carinho, companheirismo e toda disposição prestada nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes, pela compreensão, apoio e amizade, e por toda disponibilidade que teve comigo no decorrer dessa caminhada, auxiliando nas tomadas de decisões, esclarecimento, ideias e sugestões, que contribuíram para a realização do experimento e no desenvolvimento desta dissertação.

A profa. Dra. Cristiane Meldau de Campos, que juntamente com a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul- Aquidauana, forneceu os espécimes de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), para a realização do experimento.

À mestre Kárin Kuibida do Laboratório Veterinário- Diagno Vet, pela colaboração e realização das análises bioquímicas.

Ao prof. Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho pelo auxílio e esclarecimento durante a realização das análises estatísticas.

Aos amigos Sandriely Fernanda Marcondes, Mayara Schueroff Siqueira, Taynara Ribeiro Farias Leão, Robson Andrade Rodrigues, André Luiz do Nascimento Silva, Vivian Akemi Nakamura, Bruna Karla Assad Bellinate, Sabrina Fuzer Gonçalves, Brenda de Oliveira Martins, Maria Eduarda Corona Garcia, e Alexandre Welzel da Silveira do (LAPEX) Laboratório de Patologia Experimental, pela amizade, sugestões, auxílios e todas contribuições proporcionadas para o desenvolvimento desse trabalho.

À banca avaliadora, pelo aceite, disponibilidade e contribuição no desenvolvimento desse trabalho, mediante sugestões e esclarecimentos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul que me proporcionou grandes aprendizados, contribuindo na minha formação profissional.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis” (José de Alencar).

Resumo

FARIAS, K.N.N. Crescimento e metabolismo em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos ao manejo de restrição alimentar total e realimentação. 2018. 57f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

Na produção piscícola a ração é um dos maiores entraves que geram custos produtivos. A restrição alimentar vem sendo estudada como uma alternativa de manejo que vise diminuir o custo no fornecimento de ração, em razão da diminuição de oferta. Além disso, tem como objetivo melhorar o desempenho animal, quando implementadas técnicas de restrição e realimentação, que possam favorecer o ganho compensatório dos animais, devido a hiperfagia em razão da restrição alimentar. Essa alternativa é possível devido ao requerimento energético e realização de mobilização energética dos animais para manutenção corporal. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos dos períodos de restrição alimentar e realimentação em *Piaractus mesopotamicus*. Avaliando os parâmetros biométricos, parâmetros zootécnicos, índices somáticos, e parâmetros bioquímicos plasmáticos em pacus submetidos a períodos de 10, 20 e 30 dias de restrição alimentar, sendo que os animais submetidos a 30 dias de restrição foram posteriormente realimentados por períodos de 15 e 50 dias. As restrições proporcionaram diminuição do peso corporal final, menores crescimentos, perda de peso, queda nos IHS e IVS. A glicose sanguínea foi reduzida ($P < 0,05$). A proteína plasmática total não sofreu alterações entre as restrições, sendo que os valores aumentaram após 50 dias de realimentação. Houve uma diminuição ($P < 0,05$) da concentração de triglicérideo durante a restrição, em comparação com o grupo controle. A concentração de colesterol foi elevada durante a restrição. De maneira geral, após a realimentação, os peixes apresentaram ganho de peso similar aos controles, aumento no peso corporal final e restabelecimento dos índices somáticos e das variáveis bioquímicas. Os resultados indicam que a restrição alimentar ajustada com a técnica de realimentação proporciona efeitos positivos no crescimento corporal e ganho de peso desses peixes.

Palavras-chave: Aquicultura, bioquímica de peixes, parâmetros biométricos, parâmetros zootécnicos.

Abstract

FARIAS, K.N.N. Growth and metabolism in pacus (*Piaractus mesopotamicus*) submitted to food total restriction management and refeeding. 2018. 57f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

In fish production, feed is one of the main obstacles that generates productive costs. The food restriction has been studied as an alternative management that aims to reduce the cost of supply of ration, due to the decrease in offer. In addition, it aims to improve the animal performance, when implemented restriction and refeeding techniques, which may favor the compensatory gain of the animals, due to hyperphagia due to food restriction. This alternative is possible due to the energy requirement and energy mobilization of animals for body maintenance. The objective of this study was to evaluate the effects of feed restriction and refeeding periods on *Piaractus mesopotamicus*. Evaluating the biometric parameters, zootechnical parameters, somatic indices and biochemical parameters of the plasma in pacus submitted to periods of 10, 20 and 30 days of food restriction, and animals submitted to 30 days of restriction were fed for periods of 15 and 50 days. The restrictions provided a decrease in final body weight, lower growth, weight loss, IHS and IVS decrease. Blood glucose was reduced ($P < 0,05$). The total plasma protein did not change ($P > 0,05$) between the restrictions, at 50 days of refeeding was observed in the increase of ppt values. There was a decrease in triglyceride concentration during the restriction, compared to the control group. Cholesterol concentration increased during a restriction. In general, after a refeeding, the fish presented weight gain similar to controls, increase in the final body weight and reestablishment of somatic indices and biochemical variables. The results indicate that the food restriction adjusted with the refeeding technique provides positive effects on body growth and weight gain of these fish.

Keywords: Aquaculture, biometric parameters, fish biochemistry , zootechnical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)..... 14

Artigo Científico. Crescimento e metabolismo em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos ao manejo de restrição alimentar e realimentação.

Figura 2. Planejamento experimental em Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) considerando o grupo controle (GC), restrição alimentar (RT) e realimentação (RL)..... 33

Figura 3. Valores de glicose em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a restrição alimentar (10, 20 e 30 dias) e realimentação (15 e 50 dias)..... 54

Figura 4. Valores de proteína plasmática total em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a restrição alimentar (10, 20 e 30 dias) e realimentação (15 e 50 dias)..... 54

Figura 5. Valores de triglicérides em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a restrição alimentar (10, 20 e 30 dias) e realimentação (15 e 50 dias)..... 55

Figura 6. Valores de colesterol em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a restrição alimentar (10, 20 e 30 dias) e realimentação (15 e 50 dias)..... 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção (quilogramas) de peixes redondos do gênero *Piaractus* spp. (pacu *Piaractus mesopotamicus* e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), *Colossoma* spp. (tambaqui *Colossoma macropomum*) e seus híbridos (tambacu, tambatinga e patinga) nas regiões do Brasil..... **13**

Artigo Científico. Crescimento e metabolismo em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos ao manejo de restrição alimentar e realimentação.

Tabela 2. Efeito do período de restrição alimentar e realimentação sobre variáveis biométricas e índices zootécnicos em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) **52**

Tabela 3. Efeito do período de restrição alimentar e realimentação sobre o peso do fígado, peso das vísceras e seus respectivos índices somáticos em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) **53**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
REVISÃO DE LITERATURA	12
Panorama da piscicultura no Brasil.....	12
Produção de peixes redondos	12
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	14
Nutrição.....	15
Restrição alimentar.....	16
Realimentação e ganho compensatório	18
Metabolismo energético em peixes	20
REFERÊNCIAS	22
Crescimento e metabolismo em pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) submetidos ao manejo de restrição alimentar e realimentação	29
Resumo	29
Introdução.....	31
Material e Métodos	32
Resultados.....	35
Discussão	39
Agradecimentos	46
Referências	46
Anexos.....	52

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande potencial para a aquicultura, com a maior reserva de água doce do mundo (13%), clima tropical, território amplo com 8,5 milhões de km², espécies nativas, produtor de grãos e mercado interno (Urbinati & Gonçalves, 2005; Resende, 2007; Kubitza, 2015).

O estado de Mato Grosso do Sul foi pioneiro no desenvolvimento de produção de duas espécies de interesse comercial, o pacu e o pintado (Resende, 2007). Somente a região Centro-Oeste atingiu a produção de 37 mil toneladas de peixes redondos em 2016 (IBGE, 2017).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies de peixes nativas mais produzidas na piscicultura no Brasil, por ser rústica, facilmente adaptável ao manejo, são peixes que possuem um bom ganho de peso e carne apreciada pelos consumidores (Dias-Koberstein et al., 2005). Esta espécie é distribuída nas bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Abimorad & Carneiro, 2004).

Com o intuito de atingirem o peso ideal, para sua comercialização e de forma a cumprir a demanda na produção de peixes, deve-se utilizar rações adequadas, que favoreçam o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais, apresentando assim bons desempenhos produtivos. Entretanto, os investimentos em rações são os que mais implicam em gastos dentro do sistema aquícola, atingindo 50% a 70% do custo em uma piscicultura para atender as exigências nutricionais dos peixes (El-Sayed, 1999; Saita, 2011; Barros et al., 2016).

Visando diminuir o custo da ração na produção piscícola, tem-se implementado a técnica de restrição alimentar, caracterizado por um período de privação de qualquer nutriente a um organismo. Nesse período os animais podem apresentar alteração nas fases fisiológicas e metabólicas devido ao estresse pela busca do alimento (aumento de apetite), mobilização, diminuição na taxa metabólica, adaptação e recuperação ao serem realimentados (Dobson & Holmes, 1984; Wieser et al., 1992).

A privação alimentar pode ocorrer naturalmente no ambiente e nos sistemas de criação de peixes devido à queda da temperatura da água, períodos migratórios (escassez de alimentos) e durante períodos reprodutivos (ocorrência de cuidado parental) (Borghetti & Canzi, 1993).

Com o uso da restrição é possível obter um melhor aproveitamento do alimento, diminuindo os desperdícios com a ração, e os gastos com a manutenção dos parâmetros de qualidade de água, além da possibilidade de obter ganho compensatório e boa conversão alimentar durante a realimentação (Dobson & Holmes, 1984; Xie et al., 2001; Saita, 2011; Gonçalves et al., 2014).

35 Durante a restrição alimentar o animal realiza a mobilização de fontes energéticas
36 (estocadas no fígado e no músculo), lipídios (estocados no fígado, músculo, tecido adiposo e
37 nas vísceras) e proteínas (presentes no plasma sanguíneo e no tecido muscular, sendo quebradas
38 em aminoácidos) (Ranzani-Paiva & Godinho, 1988; Sheridan & Mommsen, 1991; Saita, 2011).
39 Durante a mobilização podem ocorrer alterações nas variáveis biométricas, zootécnicas e
40 bioquímicas dos peixes, devido ao metabolismo corporal e a realização da sua manutenção
41 corporal (Souza et al., 2002; Takahashi et al., 2010).

42 As mensurações biométricas e bioquímicas são extremamente importantes para a
43 avaliação de crescimento dos animais durante o seu ciclo de vida, além de serem ferramentas
44 úteis no diagnóstico de doenças ou fatores estressantes ao animal, estimando o grau de bem-
45 estar dos peixes, e os gastos energéticos, mediante ao manejo de restrição e realimentação (Le
46 Cren, 1951; Tavares-Dias et al., 2000; Souza et al., 2002; Moro, 2014).

47 Dessa forma objetivou avaliar os efeitos dos períodos de restrição alimentar e
48 realimentação em *Piaractus mesopotamicus*.

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64 2. REVISÃO DE LITERATURA

65 66 2. 1. Panorama da piscicultura no Brasil

67
68 O Brasil é um país com grande potencial para a aquicultura, pois contém 13% de reservas
69 de água doce do mundo, clima tropical, mercado interno, território amplo com 8,5 milhões de
70 km², grande extensão em oferta de água doce, espécies nativas, é produtor de grãos e contém
71 indústrias de alimentos (Urbinati & Gonçalves, 2005; Resende, 2007; Kubitza, 2015).

72 De acordo com a FAO (2016) a carne de peixe é uma fonte rica em proteína animal
73 facilmente digeridas, gorduras essenciais (ômega 3), vitaminas (D, A e B), minerais (cálcio,
74 iodo, zinco, ferro e selênio) e por ser um alimento bastante nutritivo, em 2013 foi observado
75 um crescente aumento no seu consumo representando 17% de ingestão de proteínas de origem
76 animal pela população mundial.

77 Entre os anos de 2004 a 2014 o crescimento médio anual da carne de peixe cultivado foi
78 de 9,85%. No ano de 2014 o Brasil importou 400 mil toneladas e exportou 34 mil toneladas,
79 contribuindo com US\$ 1,3 bilhão na balança comercial (Kubitza, 2015). Dessa forma é
80 determinado que o crescimento produtivo está relacionado com o aumento no consumo per
81 capita de carne de peixe nos últimos anos (2013-2015), que foi de 9,6 kg, estimando-se que em
82 2025 o consumo atingirá 12,7 kg por habitante/ano (FAO, 2016).

83 84 2. 2. Produção de peixes redondos

85 A produção de peixes redondos na piscicultura no Brasil vem crescendo nos últimos anos,
86 apresentando um aumento de 2-3% no ano de 2016 em relação ao ano anterior (IBGE, 2017).
87 Pois são peixes que apresentam características que contribuem na produção e comercialização,
88 como a rusticidade das espécies em relação à tolerância a baixa temperatura, e baixo oxigênio
89 dissolvido na água, adaptabilidade ao sistema produtivo de criação, melhor crescimento, ganho
90 de peso, além de boa apreciação da carne pelos consumidores (Chagas et al., 2005; Dias-
91 Koberstein et al., 2005; Rodrigues, 2016).

92 Dentre os peixes classificados como peixes redondos, destacam-se o pacu (*Piaractus*
93 *mesopotamicus*) oriundo das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai; tambaqui (*Colossoma*
94 *macropomum*) pertencente as bacias dos rios Amazonas e Orinoco; e pirapitinga (*Piaractus*
95 *brachypomum*) distribuído nas bacias dos rios Amazonas, Solimões, Orinoco e respectivos
96 afluentes (Abimorad & Carneiro, 2004; Gomes et al., 2010; Lima, 2014).

97 A produção dos seus híbridos vem sendo desenvolvido após muitas pesquisas, sendo esse
 98 processo definido como um cruzamento de indivíduos de mesmo gênero (*Piaractus* spp x
 99 *Piaractus* spp), diferentes gêneros (*Piaractus* spp. e *Colossoma* spp.) ou diferentes espécies (*P.*
 100 *mesopotamicus* e *C. macropomum*) por meio de técnicas reprodutivas, conhecida como
 101 hipofisação. A vantagem da hibridação é a obtenção de características desejáveis de ambos
 102 indivíduos acasalados, obtendo rusticidade, tolerância à doenças, tolerância a temperatura,
 103 melhor crescimento, ganho de peso e qualidade de carne (Bartley et al., 2000).

104 Os híbridos desenvolvidos foram o tambacu (cruzamento entre a fêmea do tambaqui e
 105 macho de pacu) com objetivo em obter características desejadas de ambas espécies, como a
 106 maior resistência a baixa temperatura e rusticidade do pacu e rápido crescimento do tambaqui
 107 (Bernardino et al., 1986; Senhorini et a., 1988; Calcagnotto et al., 1999; Baldisserotto &
 108 Carvalho, 2013). Esse híbrido foi desenvolvido inicialmente pelo Centro Nacional de Pesquisa
 109 e Conservação de Peixes Continentais (CEPTA, Pirassununga, SP) pela técnica de reprodução
 110 induzida no ano de 1985 (Bernardino et al., 1986).

111 A tambatinga (cruzamento entre a fêmea do tambaqui e macho da pirapitinga), adquirindo
 112 um espécime de rápido crescimento, com mais ciclos produtivos por ano, característica de
 113 ambas espécies, melhor desenvolvimento de rastros branquiais que irão auxiliar na filtração de
 114 plânctons como características da pirapitinga (Martino, 2002; Silva-Acuña & Guevara, 2002;
 115 Baldisserotto & Carvalho, 2013). O paqui (fêmea de pacu e macho de tambaqui) (Almeida-
 116 Toledo et al., 1988; Calcagnotto et al., 1999; Baldisserotto & Carvalho, 2013); e patinga (fêmea
 117 de pacu e macho de pirapitinga), obtendo a rusticidade do pacu, e crescimento da pirapitinga
 118 (Hashimoto et al., 2011; Baldisserotto & Carvalho, 2013;).

119 A produção de peixes redondos no Brasil apresentou um crescimento produtivo de 193
 120 mil toneladas em 2015, para 198 mil toneladas em 2016 (IBGE, 2017). Sendo destacada a
 121 produtividade (Tabela 1) nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste devido aos fatores
 122 climáticos e comerciais.

Tabela 1. Produção (quilogramas) de peixes redondos do gênero *Piaractus* spp. (pacu *Piaractus mesopotamicus* e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), *Colossoma* spp. (tambaqui *Colossoma macropomum*) e seus híbridos (tambacu, tambatinga e patinga) nas regiões do Brasil.

Região	Ano	
	2015	2016
Norte	116.976,279	119.296,74
Nordeste	31.051,178	33.601,092
Sul	3.164,554	3.159,265
Sudeste	2.672,256	5.192,708
Centro-Oeste	39.803,381	36.753,874

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017).

123 2. 3. *Piaractus mesopotamicus*

124

125 Das espécies tropicais cultivadas o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) da
126 ordem Characiformes, família Characidae e subfamília Myleinae é considerado uma das
127 espécies de peixes nativas mais produzidas na piscicultura no Brasil. Possui grande importância
128 comercial por ser uma espécie rústica, adapta-se facilmente ao manejo e tipo de criação em
129 cativeiro, apresentam tolerância a variação de oxigênio dissolvido (2 a 5 mg L⁻¹) e temperatura
130 da água (23 - 29°C) (Baldisserotto, 2002; Baldisserotto & Carvalho, 2013), possuem
131 crescimento precoce e conseqüentemente um bom ganho de peso, além de sua carne ser bastante
132 apreciada pelos consumidores. Além disso, são espécies de boa captura na pesca esportiva
133 (Fernandes et al., 2000; Dias-Koberstein et al., 2005). O pacu é amplamente distribuído na
134 América do Sul, sendo encontrada nas Bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, na região
135 Centro-Oeste do Pantanal no Estado de Mato Grosso do Sul (Abimorad & Carneiro, 2004).

136 *P. mesopotamicus* também conhecido como caranha, pacu-caranha ou pacu-guaçu (Reis
137 Neto, 2007), é caracterizado como uma espécie de corpo alto, coberto por pequenas escamas,
138 possuem uma coloração acinzentada mais escura na região dorsal e ventre mais claro. A cabeça
139 desse animal é pequena e apresenta boca no formato terminal (Britski et al., 2007; Baldisserotto
140 & Carvalho, 2013).

141



142

143

144

Figura 1. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Fonte: Lapex

145 O pacu apresenta hábito alimentar onívoro (estômago e intestino intermediário) (Rotta,
146 2003; Abelha et al. 2008; Baldisserotto & Carvalho, 2013;), pois alimentam-se de folhas,
147 caules, flor, frutos, sementes, resíduos vegetais, moluscos, crustáceos, insetos, pequenos peixes,
148 resíduos animais, além de alguns componentes do fundo do rio como areia e pedrinhas, são
149 caracterizados com preferência frugívora, do tipo podador e caráter oportunista. É uma espécie

150 que possui boa aceitação de ração, quando presente em cativeiro (Silva, 1985; Vaz et al., 2000).
151 O aparelho digestivo é composto pelo esôfago, um estômago com presença de cecos pilóricos
152 e o intestino (Baldisserotto et al., 2014).

153 A reprodução dessa espécie no ambiente natural ocorre por desova total. O processo de
154 maturação das gônadas até a realização da desova é controlado por fatores externos
155 (pluviosidade, fotoperíodo e temperatura), internos (estímulos hormonais, por meio da
156 liberação de gonadotrofinas) e fatores sociais (machos propícios para a reprodução). Os peixes
157 reofílicos realizam a migração nos períodos da estação seca e a liberação dos gametas ocorre
158 durante as estações chuvosas (outubro a dezembro), quando o rio se encontra cheio,
159 favorecendo a migração dos reprodutores para locais com maior oferta de alimentos, além de
160 facilitar o deslocamento dos ovos e larvas para regiões marginais, ficando mais protegidos dos
161 predadores (Lima, 1984; Baldisserotto & Carvalho, 2013).

162 A reprodução do pacu pode ser realizada nas pisciculturas por meio da estimulação
163 hormonal, sendo utilizado extrato de hipófise de carpa e HCG (gonadotrofina coriônica
164 humana) ou hormônios sintéticos (GnRH ou LH-RH), permitindo a liberação dos gametas e
165 consequentemente a formação do zigoto (Bernardino & Lima, 1999; Baldisserotto & Carvalho,
166 2013).

167

168 **2. 4. Nutrição**

169

170 No sistema de produção piscícola, principalmente na fase de engorda dos animais, a
171 alimentação é o insumo que mais proporciona o aumento do custo operacional, atuando
172 aproximadamente em 50,53% na criação do pacu (Chabalin & Ferraz, 1989). E o uso de rações
173 proteicas influencia no aumento dos custos, pois seu valor é superior ao custo dos carboidratos
174 e lipídios, sendo importante para atender as exigências nutricionais dos animais na fase
175 produtiva (Hepher, 1988; El-Sayed, 1999; Bicudo et al., 2010).

176 As proteínas são essenciais para a estrutura e funcionamento dos organismos e por meio da
177 ingestão desse macronutriente é possível adquirir continuamente os aminoácidos necessários
178 para dieta, podem ser não-essenciais (são sintetizados) ou essenciais, os quais são
179 indispensáveis para o organismo. Os aminoácidos podem ser utilizados para formação de novas
180 proteínas, as quais apresentam importância na reconstrução e formação de tecidos, como o
181 crescimento ou reprodução (NRC, 1983).

182 De acordo com Bicudo et al. (2010), a elevação do ganho de peso do peixe está relacionada
183 com o incremento de proteína bruta das dietas (22 a 28%), os quais podem apresentar efeito

184 positivo para o índice de lucratividade econômica e taxa de eficiência econômica, estando
185 relacionados pelo uso de proteína.

186 A proteína possui bom valor energético, sendo utilizada de maneira eficiente pelo
187 organismo, principalmente quando atingirem o limite proteico necessário durante a alimentação
188 para o crescimento animal, sendo que o excedente é desanimado à aminoácido e passa a ser
189 armazenado como gordura, e utilizado quando outras fontes energéticas se encontram escassas
190 (Hepher, 1988; Hepher, 1989).

191 Dieta com 38% de proteína bruta, apresentou $14,2 \text{ MJ/kg}^{-1}$ de energia digestível por pacu,
192 determinando que o animal fez uso da proteína como uma fonte energética da ração (Bicudo et
193 al., 2010).

194 O fornecimento da quantidade de proteína bruta na ração varia de acordo com a fase de vida
195 do animal, peso entre outros fatores. A ração para fase inicial e juvenil pode variar entre 40 e
196 56% para os alevinos e 32% nos peixes mais jovens (Adriana et al., 2006). Em um trabalho
197 realizado por Bittencourt et al. (2010) foi utilizado 32% de proteína bruta no fornecimento de
198 ração para animais de peso médio de 142,11g. Enquanto Fernandes et al. (2000) em um estudo
199 com alevinos de pacu com pesos iniciais (4,62 e 11,31g) e dietas contendo 4200 kcal EB/kg,
200 determinou 26% de proteína bruta como o nível adequado a ser fornecido para a espécie. Em
201 juvenil de pacu (79,99 e 144,31 g) com a mesma energia bruta, foi recomendado o uso de 22%
202 de proteína bruta no desempenho dos peixes (Fernandes et al., 2001).

203 Dietas de maior nível proteico tendem a ser mais onerosas, conseqüentemente deve ser
204 verificada as exigências nutricionais, para o fornecimento adequado de proteína bruta na dieta
205 (aminoácido essencial), que proporcione uso de alimentos com proteínas mais digestíveis,
206 apresentando desempenhos zootécnicos satisfatórios, como o ganho de peso, além de diminuir
207 o custo operacional com a ração (Hepher, 1988; Chabalin & Ferraz, 1989; Abimorad &
208 Carneiro, 2004).

209 Sendo assim, os estudos referentes a exigências nutricionais vêm sendo realizado nos últimos
210 anos, determinando os níveis de proteínas, lipídeos, energia, fibra e vitaminas, além da obtenção
211 da digestibilidade do alimento e substituição de um ingrediente na ração por outro de mesma
212 origem (Abimorad & Carneiro, 2004; Baldisserotto & Carvalho, 2013; Neves et al., 2015).

213

214 **2. 5. Restrição alimentar**

215 A alimentação é um dos investimentos que mais apresentam gastos dentro do setor
216 produtivo, sendo assim o uso da restrição alimentar em peixes vem sendo estudada nos últimos
217 anos, com o intuito dos animais apresentarem melhores desempenhos de crescimento, quando

218 submetido a realimentação. Além de o produtor diminuir os custos produtivos com rações,
219 diminuindo o fornecimento de ração, e gerando um sistema mais econômico (Souza et al.,
220 2003).

221 A restrição alimentar é um período de privação de qualquer nutriente a um organismo,
222 sendo classificada em total ou parcial. Nesta fase, o peixe apresenta queda de peso devido a
223 inanição e conseqüentemente um aumento no apetite (hiperfagia). Com a realimentação os
224 animais tendem a apresentar um maior crescimento, quando comparado aos animais
225 alimentados continuamente, obtendo o crescimento compensatório e em alguns trabalhos é
226 observado melhorias na conversão alimentar (Dobson & Holmes, 1984; Nicieza & Metcalfe,
227 1997).

228 O processo de privação alimentar pode ocorrer naturalmente no ambiente e nos sistemas
229 de criação de peixes, por meio de fatores fisiológicos e bioquímicos, influenciando na
230 diminuição das atividades metabólicas, e conseqüentemente atuam na redução da ingestão de
231 alimentos pelos peixes. A ingestão de alimento está relacionada com a variação da temperatura
232 da água; ou seja, em temperaturas mais amenas, quando os peixes não se encontram dentro do
233 conforto térmico (23-29°C) recomendado para a espécie, eles cessam a alimentação, diminuem
234 o metabolismo e o crescimento (Borghetti & Canzi, 1993; Baldisserotto & Carvalho, 2013).

235 Os peixes são animais pecilotérmicos e apresentam dificuldade em regular internamente
236 a temperatura corporal. A ingestão de alimentos também está correlacionada com o período
237 migratório para realização da reprodução, pois nessa fase os animais sofrem estímulos
238 hormonais controlados por fatores internos e externos que desencadeiam a migração para
239 desova, entretanto até a busca do local adequado para liberação dos gametas. Os peixes
240 decorrem locais com poucas ofertas de alimentos; algumas espécies de peixes após a desova,
241 armazenam os ovos na boca, atuando como cuidado parental e proteção da prole contra
242 possíveis predadores, a tilápia por exemplo, cessa a ingestão de alimentos até a liberação das
243 larvas, que dura aproximadamente 10 dias (Borghetti & Canzi, 1993; Goddard, 1996; Souza et
244 al., 2003; Correia et al., 2006; Baldisserotto & Carvalho, 2013).

245 Em resposta a restrição alimentar há um aumento na produção e secreção do hormônio
246 de crescimento (GH-lipolítico) e liberação pela grelina, sendo comparado ao hormônio
247 liberador do hormônio de crescimento (GHRH), podendo afetar o crescimento somático ou a
248 osmorregulação (GH), funcionando como um regulador local, não influenciando na liberação
249 de prolactina e somatolactina (Hataya et al., 2001). A grelina é um hormônio peptídico
250 produzido nas células que revestem o estômago (Lehninger, 2006), é considerado um receptor
251 de secretagogos do hormônio de crescimento (GHS-R), determinando assim a síntese e
252 regulação de GH, caracterizada como o “hormônio da fome” estimulando o apetite (hiperfagia)

253 e influenciando na regulação energética do organismo e do seu peso corporal (Pradhan et al.,
254 2013).

255 Durante a restrição, a grelina auxilia na manutenção da homeostase da glicose, por meio
256 de mecanismos catabólicos, que favorecem o fornecimento de energia para realização do
257 metabolismo corporal, pela ativação dos processos gliconeogênicos (Yi et al., 2012; Zhao et
258 al., 2010). Devido aos baixos níveis de glicose no organismo, o hormônio glucagon atua nas
259 ilhotas pancreáticas, catecolaminas e supra-renais, auxiliando na homeostase durante o período
260 de restrição (Chen et al., 2011; Chuang et al., 2011; Wang et al., 2013).

261

262 **2. 6. Realimentação e Ganho compensatório**

263

264

265 A hiperfagia é um processo que ocorre em consequência da realimentação, os peixes
266 apresentam um aumento no consumo de alimentos em decorrência da restrição alimentar,
267 momento em que esses animais desencadeiam a fome e posteriormente apresentam aumento no
268 apetite (Dobson & Holmes, 1984). Esse processo pode ser determinado como um período de
269 obtenção de respostas compensatórias em razão da ingestão de alimentos, sendo utilizado certos
270 mecanismos que ajustam o consumo e favorecem o ganho compensatório nos animais (Miglavs
271 & Jobling, 1989; Ali et al., 2003).

272 O ganho compensatório é influenciado pelo processo de realimentação após o período de
273 restrição, nesse período os animais realimentados apresentam um aumento na taxa de consumo
274 de alimentos e aumento no ganho de peso em comparação com os animais alimentados
275 continuamente (Jobling, et al., 1994; Ali et al., 2003).

276 Inúmeras estratégias são utilizadas com o uso da restrição alimentar e realimentação com
277 o intuito em diminuir os custos produtivos e obter melhorias no desempenho dos animais, nesse
278 caso são realizados ciclos alternados de restrição e realimentação em peixes (Quinton & Blake,
279 1990; Souza et al., 2002).

280 Em um trabalho realizado por Gonçalves et al. (2014) foi estudado o uso da restrição
281 alimentar em piapara, para verificação do desempenho produtivo; um grupo de animais foi
282 submetido a alimentação diária (controle), grupo submetido a 2 dias restrição/5 alimentação, e
283 grupo submetido a 21 dias de restrição/21 e 36 dias de realimentação, sendo alimentado 2 vezes
284 ao dia (período que durou de 42 e 78 dias), determinando que os animais submetidos aos 21
285 dias de restrição apresentaram maior ganho de peso e maior consumo de alimento,
286 demonstrando o ganho compensatório em resposta a hiperfagia.

287 Juvenis de matrinxã foram submetidos a ciclos curtos de restrição e realimentação, sendo
288 classificado em animais que foram alimentados diariamente; animais submetidos a 2 dias de

289 restrição e 3 dias de realimentação; e animais submetidos a 2 dias de restrição e 4 dias de
290 realimentação por 4 dias; sendo posteriormente realimentados até à saciedade por 15 dias.
291 Determinando que o crescimento não foi afetado por ciclos de curto prazo de restrição e
292 realimentação, sendo que em ambos ciclos a matrinxã juvenil foi capaz de alcançar o
293 crescimento compensatório total (Urbinati et al.; 2014).

294 Chauvigné et al. (2003) verificou que na realimentação ocorre o aumento na produção de
295 insulina do fator de crescimento tipo I (IGF-I) mRNA e conseqüentemente do hormônio de
296 crescimento (GH). Os autores verificaram que além de proporcionar um pequeno aumento no
297 fator de crescimento de insulina tipo II (IGFII) mRNA, responsável pelo fator de crescimento
298 de fibroblastos médio (FGF2) mRNA, atuam na regulação do crescimento do músculo
299 miotômico dos peixes, como resposta compensatória pela realimentação.

300 O crescimento compensatório pode ser classificado como: sobre compensação, quando
301 os animais submetidos a períodos de restrição alimentar apresentam maior peso, que os animais
302 alimentados diariamente; compensação total: quando os animais realimentados alcançam o
303 peso dos animais alimentados continuamente; compensação parcial: os animais realimentados
304 não conseguem atingir o peso dos animais alimentados diariamente e não compensação: na qual
305 os animais realimentados não obtêm ganho de peso (Ali et al., 2003).

306 Arauco & Costa (2012), determinaram a não compensação em tilápias (*Oreochromis*
307 *niloticus*) submetidas à alimentação, as quais foram divididas em dois grupos; peixes que foram
308 alimentados dia sim e dia não e peixes que receberam ração uma vez a cada dois dias; sendo
309 observado pelo autor observou que as tilápias alimentadas a cada dois dias apresentaram perda
310 de peso e diminuição do desempenho produtivo.

311 Em um estudo com trutas arco-íris submetidas a períodos de 3 e 13 semanas de restrição
312 alimentar com posterior fornecimento de ração até a saciedade dos animais. O autor verificou
313 que os peixes apresentaram sobre compensação em relação ao crescimento (peso de coração,
314 fígado, gônadas, intestino e víscera); compensação total em relação ao crescimento (peso,
315 tendendo a superar os controles em % peso seco) e compensação parcial (Weatherley & Gill,
316 1981).

317 Ajustes nutricionais, como uma dieta balanceada, e ciclos controlados de restrição e
318 realimentação, podem auxiliar na recuperação das condições corporais, como ganho de peso e
319 no metabolismo energético desses animais, além de sugerir bom desempenho produtivo e
320 diminuição de custos no sistema (Love, 1980).

321

322

323

324 2. 7. Metabolismo energético em peixes

325

326 Durante a restrição alimentar os animais podem passar por quatro fases fisiológicas,
327 sendo: estresse (animal apresenta hiperatividade, devido a busca pela comida), redução
328 energética (queda na taxa respiratória e das atividades glicolíticas e glicogênicas nos músculos),
329 adaptação (taxa metabólica em baixos níveis e utilização de proteína no lugar do lipídeo para
330 obtenção de energia) e recuperação (aumento nas taxas de crescimento e utilização de oxigênio)
331 (Wieser et al., 1992).

332 De acordo com Lehninger (2006) a regulação do metabolismo é controlada pelos
333 hormônios pancreáticos insulina e glucagon. Esse autor salienta que quando o organismo está
334 bem nutrido após uma dieta rica em carboidratos, há produção de glicose, esse alto nível
335 presente no sangue auxilia na liberação de insulina (células Beta). A glicose passa a ser estocada
336 na forma de glicogênio no tecido muscular e no fígado, e em excesso ocorre a glicólise, sendo
337 oxidado a acetil-CoA e armazenada no tecido adiposo na forma de triacilgliceróis e ácidos
338 graxos no fígado.

339 O balanço energético da glicose nos peixes ocorre por meio da obtenção de carboidratos
340 na dieta, sendo considerada a principal via metabólica fornecedora de energia, sendo o
341 carboidrato convertido a glicose, e posteriormente torna-se responsável pelo fornecendo de
342 energia aos animais (Baldisserotto et al., 2014). Animais submetidos a curtos ou longos
343 períodos de restrição alimentar apresentam diminuição nos níveis glicêmicos, sendo realizado
344 ajustes pelo organismo por meio da liberação do hormônio glucagon (células Alfa) e diminuição
345 dos níveis de insulina, ocorre a degradação do glicogênio hepático (glicogenólise) e formação
346 da gliconeogênese (aminoácidos, glicerol e oxaloacetato) para liberação da glicose na corrente
347 sanguínea (Lehninger, 2006; Favero et al., 2018).

348 Isso foi observado por Favero et al. (2018) ao submeter um grupo de *P. mesopotamicus*
349 a alimentação contínua e outro grupo a 15 dias de restrição e 5 de realimentação, sendo
350 verificado a mobilização das reservas energéticas, por meio da glicogenólise, lipólise e
351 gliconeogênese na realização dos ajustes metabólicos em razão da hipoglicemia.

352 De acordo com Lehninger (2006) outro elemento energético que desempenham um papel
353 no metabolismo dos animais são os lipídios, atuam no armazenamento de energia (ácidos
354 graxos), estrutura das membranas biológicas, emulsificantes no trato digestório, entre outras
355 funções; são oriundos de hidrocarbonetos, sendo reduzidos de forma rápida, podendo ser
356 estocados no fígado, músculo e no tecido adiposo. O mesmo autor afirma que os triglicerídeos
357 são os lipídios mais simples, formados por três moléculas de ácidos graxos e glicerol; e a
358 energia fornecida durante a sua oxidação produz maiores energias que os carboidratos. A

359 utilização dos ácidos graxos como mecanismo energético, dispensa o consumo de glicose
360 presente no fígado, durante a mobilização energética (Plisetskaya, 1980).

361 *Piaractus mesopotamicus* submetidos a restrição alimentar apresentaram baixos níveis de
362 triglicerídeos, e após a realimentação foi observado aumento nos níveis de triglicerídeos
363 (Favero et al., 2018). Esse fato é descrito em razão dos animais em restrição apresentarem
364 poucos estoques energéticos de triglicerídeos e pouca disponibilidade de lipídios oriundo da
365 dieta, sendo assim, o organismo realiza a mobilização do lipídio pela síntese de ácidos graxos
366 e glicerol, obtendo estoques de triglicerídeos, os quais são degradados, e é realizada a lipólise
367 para obtenção de novas fontes energéticas (Hung et al., 1997; Lehninger, 2006; Takahashi,
368 2010; Hoseini et al., 2014).

369 Em *Cyprinus carpio* submetido a 30 dias de restrição, foi verificado a diminuição da
370 concentração de triglicerídeos nos 7 dias iniciais de privação, posteriormente os níveis foram
371 mantidos e os ácidos graxos livres aumentaram ao serem submetidos a 30 dias de restrição.
372 Nesse período ocorreu diminuição da atividade energética da glicólise e lipogênese, enquanto
373 foi desencadeado um aumento na gliconeogênese e na degradação de aminoácidos (glicose-6-
374 fosfatase, glutâmica transaminase pirúvica e transaminase oxalacética glutâmica) (Shimeno et
375 al., 1990).

376 Os lipídios estruturais, também são classificados como esteróis, e abordados por
377 Lehninger (2006) como um dos principais esteróis presentes nos organismos dos animais, sendo
378 caracterizado como colesterol, os quais atuam como sinalizadores biológicos, precursores dos
379 hormônios esteroides e na formação dos ácidos biliares, auxiliando na digestão de lipídios. O
380 mesmo autor enfatiza que os ésteres são armazenados no fígado ou são destinados a outros
381 tecidos; como tecidos em crescimento na formação de membranas ou produção de hormônios
382 esteroides que farão uso do colesterol. Sendo esses elementos transportados no plasma
383 sanguíneo, na forma de lipoproteínas plasmáticas, cuja função é específica, e de acordo com o
384 seu local de síntese. Mesmo quando o colesterol não é disponibilizado na dieta, estes são
385 sintetizados pelo organismo com auxílio de precursores, como o Acetil-CoA. (Lehninger,
386 2006).

387 Favero et al. (2018) verificaram maiores concentrações de colesterol circulante em peixes
388 submetidos a restrição alimentar, em comparação com os peixes alimentados continuamente. O
389 mesmo relato foi observado por Godavarthy et al. (2012) ao submeter peixes a 60 dias de
390 restrição alimentar, os quais apresentaram aumento do colesterol nos rins, fígado, cérebro e nas
391 porções musculares; enquanto aos 15 dias de restrição o colesterol presente no fígado
392 encontrou-se em baixos níveis, quando comparado aos animais submetidos a restrição a longo
393 prazo (Godavarthy et al., 2012). Esse autor afirma que isso ocorreu em razão da síntese de

394 hormônios do estresse (glicocorticóides que realizam a gliconeogênese e a adrenocorticóides),
395 os quais contribuem na diminuição do fator estressante em que esses animais foram submetidos.

396 O metabolismo do colesterol, é condicionado pelos níveis de colesterol endógeno, os
397 quais são responsáveis em auxiliar na regulação da síntese do colesterol pelo organismo animal,
398 por meio dos hormônios insulina e glucagon (Lehninger, 2006). Após a ingestão de alimentos,
399 os níveis de insulina tendem a aumentar e conseqüentemente os níveis de colesterol tornam-se
400 maiores e passam a ser regulados por um gene de transcrição que codifica a HMG-CoA
401 redutase, controlado pelas proteínas SREBPs (elemento de regulação esterol- proteínas
402 obrigatórias), as quais tornam-se inativas em condições de alimentação e passam a ser ativadas,
403 quando os níveis de colesterol no organismos encontram-se baixos; ativando a transcrição do
404 gene e uso da proteína SCAP-SREBPs, atuando como um sensor na presença ou ausência de
405 esteróis (Berg et al., 2002; Lehninger, 2006).

406

407 3. REFERÊNCIAS

408 ABELHA, M.C.F.; AGOSTINHO, A.A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água
409 doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, p. 425-434, 2008.

410 ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos
411 coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu,
412 *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p.
413 1101-1109, 2004.

414 ADRIANA, A.F.; PORTELLA, M.C.; MARTINS, M.I.E.G. CUSTO E Rentabilidade Da
415 Produção De Juvenis De Pacu *Piaractus Mesopotamicus*, Piauçu *Leporinus* Sp. E Curimba
416 *Prochilodus Lineatus*: Estudo De Caso. In: **44th Congress, July 23-27, 2006, Fortaleza,
417 Ceará, Brazil**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural
418 (SOBER), 2006.

419 ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R.J. Compensatory growth in fishes: a response to growth
420 depression. **Fish and fisheries**, v. 4, n. 2, p. 147-190, 2003.

421 ALMEIDA-TOLEDO, L.F.; FORESTI, F.; RAMOS, S.M.; ORMANEZI, R.; CAROLSFELD,
422 V.J.S.; TOLEDO FILHO, S.A. Estudos citogenéticos de híbridos entre fêmeas de pacu
423 (*Piaractus mesopotamicus*) e machos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim
424 Técnico do CEPTA**, v. 1, p. 1-17, 1988.

425 ARAUCO, L.R.R.; COSTA, V.B. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia
426 (*Oreochromis niloticus*). 2012.

427 BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Editora da UFSM, v. 1,
428 p. 212, 2002.

- 429 BALDISSEROTTO, B.; DE CARVALHO GOMES, L. **Espécies nativas para piscicultura**
430 **no Brasil**. UFSM, 2013.
- 431 BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J.E.P; URBINATI, E.C. *Biologia e Fisiologia de Peixes*
432 *Neotropicais de Água Doce*. Ed. FUNEP, Jaboticabal, p. 336, 2014.
- 433 BARROS, A.F.; MAEDA, M.M.; MAEDA, A.; SILVA, A.C.; ANGELI, A.J. Custo de
434 implantação e planejamento de uma piscicultura de grande porte no estado de Mato Grosso,
435 Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 65, n. 249, p. 21-28, 2016.
- 436 BARTLEY, D.M.; RANA, K.; IMMINK, A.J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture
437 and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, n. 3, p. 325-337, 2000.
- 438 BERG, J. M.; TYMOCZKO, J.; STRYER, L. The complex regulation of cholesterol
439 biosynthesis takes place at several levels. **Biochemistry**, v. 5, 2002.
- 440 BERNARDINO, G.; MENDONÇA, J.O.J.; RIBEIRO, L.P.; ALCANTARA, R.C.G.;
441 FERRARI, V.A.; FIJAN, N. Primeira reprodução do tambacu; um híbrido do gênero
442 *Colossoma*. **Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero Colossoma**, p. 11-12,
443 1986.
- 444 BERNARDINO, G.; LIMA, V. A. **Situação da criação de Colossoma e Piaractus no sudeste**
445 **do Brasil (1988-1991)**. SOUZA, RHS Criação de *Colossoma* e *Piaractus* no Brasil. IBAMA
446 (Ed), Brasília, p. 173-232, 1999.
- 447 BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition
448 of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy
449 levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 213-222, 2010.
- 450 BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; LORENZ, E. K.;
451 MALUF, M.L.F. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em
452 tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2323-2329, 2010.
- 453 BORGHETTI, J. R.; CANZI, C. The effect of water temperature and feeding rate on the growth
454 rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. **Aquaculture**, v. 114, n. 1-2, p. 93-
455 101, 1993.
- 456 BRASIL - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura**,
457 Brasília, p. 60, 2013.
- 458 BRITSKI, H.A.; SILIMON, K.S.; LOPES, B.S. Peixes do Pantanal: manual de identificação
459 Brasília: Embrapa. 2007.
- 460 CALCAGNOTTO, D.; DE ALMEIDA-TOLEDO, L.F.; BERNARDINO, G.; DE ALMEIDA
461 TOLEDO-FILHO, S. Biochemical genetic characterization of F1 reciprocal hybrids between
462 neotropical pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) reared
463 in Brazil. **Aquaculture**, v. 174, n. 1, p. 51-57, 1999.
- 464 CORREIA, A., MORAES ALVES, A. R., LOPES, J., & SANTOS, F. Reversão sexual em
465 larvas de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) em diferentes condições
466 ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca/Brazilian Journal of Fishing**
467 **Engineering**, v. 1, p. 54-64, 2006.

- 468 CHABALIN, E.; SENHORINI, J.A.; FERRAZ DE LIMA, J.A. Estimativa do custo de
469 produção de larvas e alevinos. **Boletim Técnico do CEPTA**, v. 2, p. 61-74, 1989.
- 470 CHAGAS, E.C.; DE CARVALHO GOMES, L.; JÚNIOR, H.M., ROUBACH, R.; DE PAULA
471 LOURENÇO, J.N. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea,
472 sob diferentes taxas de alimentação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 8, p. 833-835,
473 2005.
- 474 CHAUVIGNÉ, F.; GABILLARD, J.C.; WEIL, C.; RESCAN, P.Y. Effect of refeeding on IGFI,
475 IGFI, IGF receptors, FGF2, FGF6, and myostatin mRNA expression in rainbow trout
476 myotomal muscle. **General and comparative endocrinology**, v. 132, n. 2, p. 209-215, 2003.
- 477 CHEN, W.; HOO, R.L.C.; KONISHI, M.; ITOH, N.; LEE, P.C.; YE, H.Y.; XU, A. Growth
478 hormone induces hepatic production of fibroblast growth factor 21 through a mechanism
479 dependent on lipolysis in adipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 286, n. 40, p. 34559-
480 34566, 2011.
- 481 CHUANG, J.C.; SAKATA, I.; KOHNO, D.; PERELLO, M.; OSBORNE-LAWRENCE, S.;
482 REPA, J.J.; ZIGMAN, J.M. Ghrelin directly stimulates glucagon secretion from pancreatic α -
483 cells. **Molecular Endocrinology**, v. 25, n. 9, p. 1600-1611, 2011.
- 484 DIAS-KOBERSTEIN, T.C.R.; CARNEIRO, D.J & URBINATI, E.C. Tempo de trânsito
485 gastrointestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes
486 temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 3, p. 413-417, 2005.
- 487 DOBSON, S. H.; HOLMES, R. M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*
488 *Richardson*. **Journal of Fish Biology**, v. 25, n. 6, p. 649-656, 1984.
- 489 EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis*
490 spp. **Aquaculture**, v. 179, n. 1, p. 149-168, 1999.
- 491 FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security
492 and nutrition for all. Rome. 200 pp. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf><.
493 Acesso em 18 out. 2017.
- 494 FAVERO, G.C.; GIMBO, R.Y.; FRANCO MONTROYA, L.N.; ZANUZZO, F.S.; URBINATI,
495 E.C. Fasting and refeeding lead to more efficient growth in lean pacu (*Piaractus*
496 *mesopotamicus*). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 1, p. 359-366, 2018.
- 497 FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína
498 bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de**
499 **Zootecnia**, p. 646-653, 2000.
- 500 FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína
501 bruta em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de**
502 **Zootecnia**, p. 617-626, 2001.
- 503 GODAVARTHY, P.; KUMARI, Y. S.; BIKSHAPATHY, E. Starvation induced
504 cholesterologenesis in hepatic and extra hepatic tissues of climbing Perch, *Anabas testudineus*
505 (Bloch). **Saudi journal of biological sciences**, v. 19, n. 4, p. 489-494, 2012.

- 506 GODDARD, S. Feeding, Temperature, and Water Quality. In: **Feed Management in Intensive**
507 **Aquaculture**. Springer, Boston, MA, p. 51-74, 1996.
- 508 GOMES, L.C.; SIMÕES, L.N.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. Tambaqui (*Colossoma*
509 *macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. Espécies nativas para piscicultura
510 no Brasil. 2^a ed. Santa Maria: Editora da UFSM. p.175-204, 2010.
- 511 GONÇALVES, A. F. N., HÁ, N., BILLER-TAKAHASHI, J. D., SATO, L. S., KISHIMOTO,
512 M. K., & TAKAHASHI, L. S. Densidade de estocagem e restrição alimentar em juvenis de
513 piapara. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 431-439, 2014.
- 514 HASHIMOTO, D.T.; MENDONCA, F.F.; SENHORINI, J.A.; DE OLIVEIRA, C.; FORESTI,
515 F.; PORTO-FORESTI, F. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalmid fish (Pacu,
516 Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture
517 industry. **Aquaculture**, v. 321, n. 1, p. 49-53, 2011.
- 518 HATAYA, Y.; AKAMIZU, T.; TAKAYA, K.; KANAMOTO, N.; ARIYASU, H.; SAIJO, M.;
519 NAKAO, K. A low dose of ghrelin stimulates growth hormone (GH) release synergistically
520 with GH-releasing hormone in humans. **The Journal of Clinical Endocrinology &**
521 **Metabolism**, v. 86, n. 9, p. 4552-4555, 2001.
- 522 HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge University Press, p. 48-64, 1988.
- 523 HEPHER, B. Principles of fish nutrition. **Fish culture in warm water systems: problems and**
524 **trends**, p. 121-142, 1989.
- 525 HOSEINI, S.M., YOUSEFI, M. Effect of short-term (0–72 h) fasting on serum biochemical
526 characteristics in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of applied ichthyology**, v. 30,
527 n. 3, p. 569-573, 2014.
- 528 HUNG, S.S.; LIU, W.; LI, H.; STOREBAKKEN, T.; CUI, Y. Effect of starvation on some
529 morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser*
530 *transmontanus*. **Aquaculture**, v. 151, n. 1, p. 357-363, 1997.
- 531 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal, 2017.
532 [online] . Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>> . Acesso em 03 jan. 2018.
- 533 JOBLING, M.; MELØY, O.H.; DOS SANTOS, J.; CHRISTIANSEN, B. The compensatory
534 growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. **Aquaculture international**,
535 v. 2, n. 2, p. 75-90, 1994.
- 536 KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivos, rações, fatores
537 limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.150, p.10-23, 2015.
- 538 LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and
539 condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **The Journal of Animal Ecology**, p. 201-219, 1951.
- 540 LEHNINGER, A. L. Princípios de Bioquímica; coordenação da tradução Arnaldo Antônio
541 Simões, Wilson Roberto Navega Lodi. 2006.

- 542 LIMA, J.A. F.; LIMA, C.L.B.; BARBIERI, G. Crescimento do pacu *Colossoma mitrei*, em
543 ambiente natural (Rio Cuiabá Pantanal de Mato Grosso). Anais do III Simpósio Brasileiro de
544 Aqüicultura, São Carlos (SP), p. 499-512, 1984.
- 545 LIMA, M.C.D.C. Desenvolvimento embrionário e larval de *Colossoma macropomum*,
546 *Piaractus brachypomus* e do híbrido tambatinga, 2014.
- 547 LOVE, R. M. The chemical biology of fishes, Vol. 2. **Acad. Press, Lond**, 1980
- 548 MARTINO, G. Retrocruce de hembras híbridas (F1) (*Colossoma macropomum* x *Piaractus*
549 *brachypomus*) con machos de las especies parentales. In: **I Congreso Iberoamericano virtual**
550 **de Acuicultura. Venezuela. Jun.** 2002. p. 688-693.
- 551 MIGLAVS, I.; JOBLING, M. Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and
552 tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinm alpinus*, with particular respect to
553 compensatory growth. **Journal of Fish Biology**, v. 34, n. 6, p. 947-957, 1989.
- 554 MORO, G.V. Biometria de peixes: tanque-rede. **Embrapa Pesca e Aquicultura-**
555 **Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2014. Disponível em: <
556 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1002638/1/fd1.pdf>>. Acesso em 25 out.
557 2017.
- 558 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of warmwater fishes and**
559 **shellfishes**. National Academies. Vol. 12, 1983.
- 560 NEVES, M.; BALEN, R.E.; MEURER, F.; BAUMGARTNER, G.; BRAGA, A.F. Exigência
561 de proteína digestível para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com ração
562 à base de farelo de soja. **Agrarian**, v. 8, n. 28, p. 204-209, 2015.
- 563 NICIEZA, A.G.; METCALFE, N.B. Growth compensation in juvenile Atlantic salmon:
564 responses to depressed temperature and food availability. **Ecology**, v. 78, n. 8, p. 2385-2400,
565 1997.
- 566 PLISETSKAYA, E. Fatty acid levels in blood of cyclostomes and fish. **Environmental**
567 **Biology of Fishes**, v. 5, n. 3, p. 273-290, 1980.
- 568 PRADHAN, G.; SAMSON, S.L.; SUN, Y. Ghrelin: much more than a hunger
569 hormone. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 16, n. 6, p. 619, 2013.
- 570 QUINTON, J.C.; BLAKE, R.W. The effect of feed cycling and ration level on the
571 compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Fish**
572 **Biology**, v. 37, n. 1, p. 33-41, 1990.
- 573 RANZANI-PAIVA, M.J.T.; GODINHO, H.M. Características do plasma sanguíneas do pacu
574 *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (= *Colossoma mitrei* Berg, 1895) em condições
575 experimentais de criação. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, p. 69-177, 1988.
- 576 REIS NETO, R.V. **Avaliações Morfométricas de Juvenis de Pacu (*Piaractus***
577 ***mesopotamicus*), Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus Híbridos**. 2007. 74 f.
578 Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Zootecnia. Departamento de Zootecnia,
579 Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

- 580 RESENDE, E.K. As perspectivas da piscicultura em Mato Grosso do Sul. Corumbá, MS:
581 Embrapa Pantanal, 2007. 4p. ADM – Artigo de Divulgação na Mídia, n.110. Disponível em:
582 <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/789509/1/ADM110.pdf>>.
583 Acesso em 12 out. 2017.
- 584 RODRIGUES, A.P.O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma*
585 *macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 1, p. 135-145, 2016.
- 586 ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes
587 relacionados à piscicultura. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.
- 588 SAITA, M.V. Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu
589 (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo, 2011.
- 590 SENHORINI, J.A.; FIGUEIREDO, G.M., FONTES, N.A.; CAROLSFELD, J. Larvicultura e
591 alevinagem do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), tambaqui *Colossoma*
592 *macropomum* (Cuvier, 1818) e seus respectivos híbridos. **Boletim Técnico CEPTA**, v. 1, p.
593 19-30, 1988.
- 594 SILVA, A.J. **Aspectos de alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg, 1985)**
595 **(Pisces, Characidae), no pantanal de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do
596 Rio de Janeiro, 1985. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade
597 Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.
- 598 SILVA-ACUÑA, A.; GUEVARA, M. Evaluation of two commercial diets on growth of the
599 hibryd *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Tropical*, v. 20, n. 4, p.
600 459–449, 2002.
- 601 SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; GONÇALVES, D.C.; SILVA, P.C. Composição corporal e
602 índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes,
603 Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta**
604 **Scientiarum: Biological and Health Sciences**, p. 533-540, 2002.
- 605 SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; MARTINS, M.I.E.G.; SILVA, P.C. Avaliação do
606 crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887)
607 submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Revista Brasileira de**
608 **Zootecnia**, p. 19-28, 2003.
- 609 SHERIDAN, M.A.; MOMMSEN, T.P. Effects of nutritional state on in vivo lipid and
610 carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **General and comparative**
611 **endocrinology**, v. 81, n. 3, p. 473-483, 1991.
- 612 SHIMENO, S.; KHEYYALI, D.; TAKEDA, M. Metabolic adaptation to prolonged starvation
613 in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v. 56, n. 1, p. 35-41, 1990.
- 614 TAKAHASHI, L.S.; BILLER, J.D.; CRISCUOLO-URBINATI, E.; URBINATI, E.C. Feeding
615 strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. **Journal of**
616 **animal physiology and animal nutrition**, v. 95, n. 2, p. 259-266, 2010.
- 617 TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L.; MORAES, F.R.D. Relação hepatossomática e
618 esplenossomática em peixes teleósteos de cultivo intensivo. **Revista Brasileira de Zoologia**,
619 p. 273-281, 2000.

- 620 URBINATI, E.C.; GONÇALVES, F.D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In:
621 BALDISSEROTTO, B. e L.C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil., Santa Maria:
622 UFSM. p. 225-246, 2005.
- 623 URBINATI, E.C.; SARMIENTO, S.J.; TAKAHASHI, L.S. Short-term cycles of feed
624 deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã
625 (*Brycon amazonicus*). **Aquaculture**, v. 433, p. 430-433, 2014.
- 626 VAZ, M.M.; TORQUATO, V.C.; BARBOSA, N.D.C. Guia ilustrado de peixes da bacia do Rio
627 Grande. **Belo Horizonte: Cemig/Cetec**, 2000.
- 628 WANG, Q.; LIANG, X.; WANG, S. Intra-islet glucagon secretion and action in the regulation
629 of glucose homeostasis. **Frontiers in physiology**, v. 3, p. 485, 2013.
- 630 WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. Recovery growth following periods of restricted rations
631 and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Biology**, v. 18, n.
632 2, p. 195-208, 1981.
- 633 WIESER, W.; KRUMSCHNABEL, G.; OJWANG-OKWOR, J.P The energetics of starvation
634 and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. **Environmental Biology of**
635 **Fishes**, v. 33, n. 1-2, p. 63-71, 1992.
- 636 XIE, S.; ZHU, X.; CUI, Y.; WOOTTON, R.J.; LEI, W.; YANG, Y. Compensatory growth in
637 the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed
638 intake and body composition. **Journal of Fish Biology**. v. 58, p.999-1009, 2001.
- 639 YI, C.X.; HEPPNER, K.M.; KIRCHNER, H.; TONG, J.; BIELOHUBY, M.; GAYLINN, B.D.;
640 JOSEPH, A. The GOAT-ghrelin system is not essential for hypoglycemia prevention during
641 prolonged calorie restriction. **PLoS One**, v. 7, n. 2, p. e32100, 2012.
- 642 ZHAO, T.J.; LIANG, G.; LI, R.L.; XIE, X.; SLEEMAN, M.W.; MURPHY, A.J.; BROWN,
643 M.S. Ghrelin O-acyltransferase (GOAT) is essential for growth hormone-mediated survival of
644 calorie-restricted mice. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 16, p.
645 7467-7472, 2010.
- 646
- 647
- 648
- 649
- 650
- 651
- 652
- 653
- 654
- 655
- 656
- 657
- 658

ARTIGO

**CRESCIMENTO E METABOLISMO EM PACUS (*Piaractus mesopotamicus*)
SUBMETIDOS AO MANEJO DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR TOTAL E
REALIMENTAÇÃO**Karine Nathiele Nogueira Farias¹; Carlos Eurico dos Santos Fernandes²

¹ Mestranda em Ciência Animal, faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: kanathiele@gmail.com

² Professor do Centro do Instituto de Biociências – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: carlos.fernandes@ufms.br.

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos dos períodos de restrição alimentar e realimentação em *Piaractus mesopotamicus*. Verificando os parâmetros biométricos, índices zootécnicos, índices somáticos, e parâmetros bioquímicos plasmáticos em pacus submetidos a períodos de 10, 20 e 30 dias de restrição alimentar, sendo que os animais submetidos a 30 dias de restrição foram posteriormente realimentados por períodos de 15 e 50 dias. Os resultados foram comparados entre os tratamentos e entre seus respectivos grupos controles. As restrições proporcionaram diminuição do peso corporal final, menores crescimentos, perda de peso, queda nos IHS e IVS, além de apresentar queda na glicose sanguínea ($P < 0,05$). A proteína plasmática total não sofreu alterações entre as restrições, sendo que os valores aumentaram após 50 dias de realimentação. Houve uma diminuição ($P < 0,05$) da concentração de triglicérideo durante a restrição, em comparação com o grupo controle. A concentração de colesterol foi elevada durante a restrição. De maneira geral, após a realimentação, os peixes apresentaram ganho de peso similar aos controles, aumento no peso corporal final e restabelecimento dos índices somáticos e das variáveis bioquímicas. Os resultados indicam que a restrição alimentar ajustada com a técnica de realimentação proporciona efeitos positivos no crescimento corporal e ganho de peso desses peixes.

Palavras - chave: Aquicultura, bioquímica de peixes, parâmetros biométricos, parâmetros zootécnicos.

707
708 GROWTH AND METABOLISM IN PACUS (*Piaractus mesopotamicus*) SUBMITTED TO
709 FOOD TOTAL RESTRICTION MANAGEMENT AND REFEEDING
710

711
712
713 **Abstract**
714

715 The objective of this study was to evaluate the effects of feed restriction and refeeding periods
716 on *Piaractus mesopotamicus*. Evaluating the biometric parameters, zootechnical parameters,
717 somatic indices and biochemical parameters of the plasma in pacus submitted to periods of 10,
718 20 and 30 days of food restriction, and animals submitted to 30 days of restriction were fed for
719 periods of 15 and 50 days. The restrictions provided a decrease in final body weight, lower
720 growth, weight loss, IHS and IVS decrease. Blood glucose was reduced ($P < 0,05$). The total
721 plasma protein did not change ($P > 0,05$) between the restrictions, at 50 days of refeeding was
722 observed in the increase of ppt values. There was a decrease in triglyceride concentration during
723 the restriction, compared to the control group. Cholesterol concentration increased during a
724 restriction. In general, after a refeeding, the fish presented weight gain similar to controls,
725 increase in the final body weight and reestablishment of somatic indices and biochemical
726 variables. The results indicate that the food restriction adjusted with the refeeding technique
727 provides positive effects on body growth and weight gain of these fish.

728 **Keywords:** Aquaculture, biometric parameters, fish biochemistry, zootechnical parameters.
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757

758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793

Introdução

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies de peixes nativas mais produzidas na piscicultura na América do Sul, por ser uma espécie rústica, facilmente adaptável ao manejo, são animais que possuem um bom ganho de peso e carne apreciada pelos consumidores (Dias-Koberstein et al., 2005). Está espécie é distribuída nas Bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Abimorad & Carneiro, 2004).

O custo com ração na produção de peixes é bastante representativo, podendo representar de 50 a 70% do custo total de produção (Dobson & Holmes, 1984; Wieser et al., 1992; El-Sayed, 1999; Barros et al., 2016). Neste contexto, práticas que visam melhorar o aproveitamento da ração é fundamental para uma maior viabilidade na produção. A técnica de restrição alimentar é uma alternativa para este propósito. Visando diminuir o custo com o arraçamento na produção piscícola, tem-se implementado a restrição alimentar, caracterizado por um período de privação de qualquer nutriente a um organismo. Nesse período os animais podem apresentar alteração nas fases fisiológicas e metabólicas, devido ao estresse pela busca do alimento (aumento de apetite), mobilização, redução energética, adaptação e recuperação ao serem realimentados (Dobson & Holmes, 1984; Wieser et al., 1992).

A restrição alimentar permite obter um melhor aproveitamento do alimento, diminuindo os desperdícios com a ração, e os gastos com a manutenção dos parâmetros de qualidade de água, além da possibilidade de obter ganho compensatório e boa conversão alimentar durante a realimentação (Dobson & Holmes, 1984; Xie et al., 2001; Saita, 2011; Gonçalves et al., 2014).

Durante a restrição alimentar o peixe realiza a mobilização de reservas corporais, para disponibilizá-la ao organismo, as mais utilizadas são o glicogênio (estocadas no fígado e no músculo), os lipídios (estocados no fígado, músculo, tecido adiposo e nas vísceras) e as proteínas (presentes no plasma sanguíneo e no tecido muscular, sendo quebradas em aminoácidos) (Ranzani-Paiva & Godinho, 1988; Saita, 2011; Sheridan & Mommsen, 1991).

As mensurações biométricas e bioquímicas são extremamente importantes para a avaliação de crescimento dos animais durante o seu ciclo de vida, além de serem ferramentas úteis no diagnóstico de doenças ou fatores estressantes ao animal, estimando o grau de bem-estar dos peixes, e os gastos energéticos, mediante ao manejo de restrição e realimentação (Le Cren, 1951; Tavares-Dias et al., 2000; Souza et al., 2002; Moro, 2014).

Objetivou avaliar os efeitos dos períodos de restrição alimentar e realimentação em *Piaractus mesopotamicus*.

794 **Material e Métodos**

795 796 Local do Experimento

797
798 O experimento foi conduzido no Laboratório de Patologia Experimental (LAPEX) do
799 Instituto de Biociências (INBIO) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). A
800 fase experimental foi realizada no período de 01 de novembro de 2016 a 25 de janeiro de 2017.

801 802 Animais, instalação e adaptação as condições experimentais

803
804 Espécimes juvenis de *Piaractus mesopotamicus* (n=120), padronizados quanto ao peso
805 inicial de $47,7 \pm 9,1$ g, comprimento total de $13,4 \pm 0,9$ cm, comprimento padrão $10,6 \pm 0,8$ cm
806 e fator de condição relativo (Kn) (W/aLb) de $1,00 \pm 0,03$, responsável em determinar o grau de
807 bem estar dos peixes; sendo W o peso do animal, L o comprimento padrão do indivíduo, e a e
808 b são as constantes da relação peso-comprimento (Le Cren, 1951). Os peixes foram adquiridos
809 do setor de piscicultura do campus de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso
810 do Sul (UEMS) provenientes da mesma desova.

811 Os peixes foram transportados para o laboratório e adaptados às condições experimentais
812 por 15 dias. Sendo acondicionados em caixas pretas de polietileno de 140 litros, com as
813 seguintes dimensões interna: 40cm altura x 51 cm de largura x 69 cm de comprimento. O
814 volume total de água era renovado em 50% a cada 24 horas. O sistema estava com filtro, aerador
815 e termostato (26° - 28° C).

816 O procedimento experimental foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso
817 de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS (Protocolo n^o
818 834/2017).

819 820 Biometria inicial e delineamento experimental

821
822 Após o período de adaptação (15 dias), foi realizada a biometria inicial. Sendo mensurado
823 o peso (g) com o uso de uma balança de precisão, comprimento total e padrão dos animais (cm),
824 por meio de uma fita métrica. Para obtenção dos índices somáticos, cálculo da biomassa para
825 pesagem de ração (5% do peso vivo dos animais), padronização dos espécimes e alocação
826 desses animais nas caixas para o início do período experimental.

827 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os 120 espécimes foram
828 divididos em duas fases experimentais, 60 espécimes selecionados aleatoriamente e submetidos
829 aos tratamentos e o restante designado como controle (GC) para cada tratamento.

830 Os espécimes tratados foram divididos em 5 grupos experimentais. Sendo 3 grupos com
 831 período de restrição alimentar (primeira fase experimental), (R10, R20 e R30, com 10, 20 e 30
 832 dias, respectivamente) e 2 grupos com período de realimentação após os 30 dias de restrição
 833 alimentar (segunda fase experimental) (RA15 e RA50, com 15 e 50 dias, respectivamente).
 834 Sendo utilizadas um total de 6 caixas (3 caixas pertencentes ao grupo controle e 3 caixas ao
 835 grupo tratado), com n=20 por caixa. Durante cada período experimental, foram retirados ao
 836 acaso 4 peixes por caixa, totalizando em 24 peixes (12 controles e 12 tratados) (Figura 1). Os
 837 espécimes foram diminuindo seu n=20 por caixa a cada período de coleta; passando a 16, 12, 8
 838 e 4. Sendo que na realimentação foram utilizados os animais permanentes do início do
 839 experimento, e que passarão pelos períodos de restrição.

840

841 O esquema abaixo resume o planejamento experimental do estudo.

842

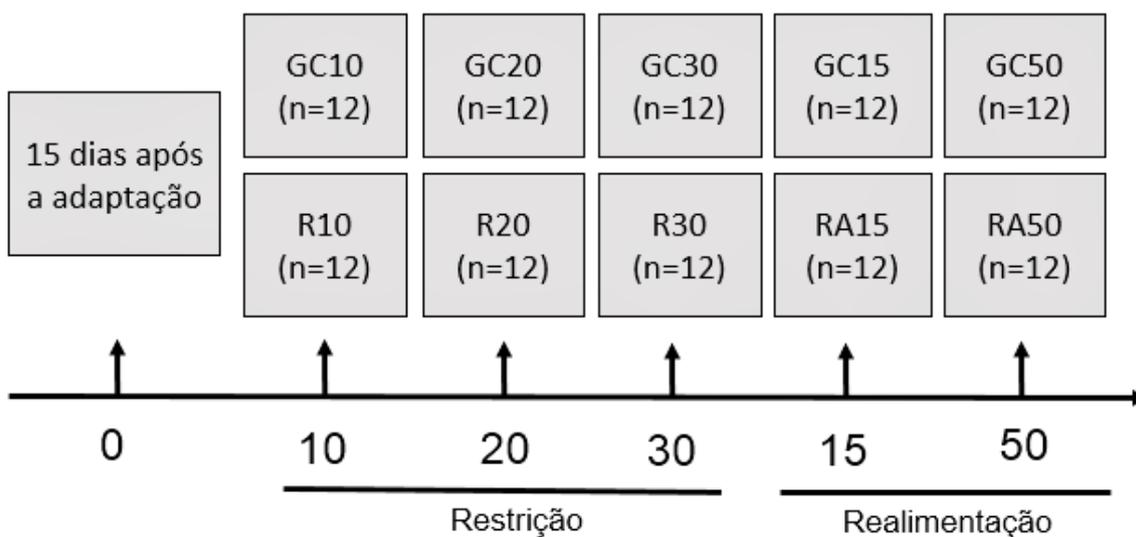


Figura 2 Planejamento experimental considerando os grupos controles e tratados em Pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

843

844

845 Alimentação e Análise de água

846

847 Os espécimes durante a adaptação foram alimentados duas vezes ao dia até saciedade
 848 aparente (manhã e tarde) com ração comercial extrusada para peixes onívoros (Guabi-Pirá; 4 a
 849 6 mm; umidade 8%; proteína bruta 32%; extrato etéreo 6,5%; fibra bruta 7% e matéria mineral
 850 10%).

851 Foi realizado o cálculo de biomassa total (peso médio dos animais x n° de peixes presentes
 852 na caixa) para quantificar o fornecimento de ração (biomassa total x 5% de ração em relação ao

853 peso vivo dos animais x dias fornecidos) ao grupo controle e tratamentos realimentação pelos
854 seus respectivos dias (GC10 - 10 dias, GC20 - 20 dias, GC30 - 30, GC15- 15 dias, GC50- 50
855 dias e RA15 - 15 dias e RA50 - 50 dias).

856 Os grupos controles (alimentados diariamente) e os peixes realimentados foram
857 submetidos a um período de jejum de 24 horas um dia antes da realização de cada período
858 experimental.

859 As análises de qualidade de água foram realizadas duas vezes ao dia (manhã e tarde),
860 sendo mensurados a temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade elétrica por
861 meio de um medidor portátil (SANXIN SX751).

862 As características da água foram: temperatura de $27,1 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, oxigênio dissolvido de $4,8$
863 $\pm 0,8 \text{ mg L}^{-1}$, pH $7,05 \pm 0,2$ e condutividade elétrica de $54,94 \pm 7,2 \mu\text{S}$, os valores permaneceram
864 dentro da faixa de conforto recomendada para a espécie estudada (Urbinati e Gonçalves, 2005;
865 Baldisserotto, 2002 e Boyd, 1990).

866

867 Parâmetros Biométricos e Índices Somáticos

868

869 No final de cada período experimental os peixes foram aprofundados em plano anestésico
870 de eugenol (450 mg L^{-1}) até a eutanásia, para a realização das mensurações biométricas,
871 obtenção do peso (g) por meio de uma balança digital e mensuração do comprimento total e
872 comprimento padrão (cm) com o uso de uma fita métrica. Em seguida os animais foram
873 necropsiados para a retirada e pesagem do fígado e vísceras para a determinação do índice
874 hepatossomático IHS (%) [(peso do fígado, g/peso do peixe, g) x 100] e do índice
875 viscerossomático IVS (%) [(peso das vísceras, g/peso do peixe, g) x 100], respectivamente.

876

877 Índices Zootécnicos

878

879 Após a realização de todas as mensurações biométricas, foram realizados cálculos, para
880 a determinação dos seguintes índices zootécnicos: ganho de peso dos animais por período
881 experimental GP (g) (peso corporal final – peso corporal inicial) e o ganho de peso diário GPD
882 (mg) (período experimental/ganho de peso).

883

884 Bioquímica Plasmática

885

886 Após a anestesia, foi realizada a colheita de sangue dos animais por punção do vaso
887 caudal com seringas e agulhas contendo EDTA (10%) para posterior análise bioquímica.

888 A glicose sanguínea (mg/dL^{-1}) foi determinada por meio de um glicosímetro digital
889 portátil (*Accu-Chek Active*).

890 A proteína plasmática total (g/dL^{-1}) (PPT) foi determinada após a centrifugação de sangue
891 (5 minutos), obtendo o plasma no tubo de microhematócrito, sendo sobreposto sobre o
892 refratômetro manual de Goldberg e realizado a leitura (Ranzani-Paiva et al., 2013).

893 Para a determinação dos valores plasmáticos de colesterol (mg/dL) e triglicerídeos
894 (mg/dL), as amostras de sangue foram centrifugadas a 3.000 rpm durante 5 minutos e o plasma
895 obtido foi congelado a -20°C até o momento da realização das análises. Sendo as análises
896 realizadas em sistema automatizado COBAS C111 SYSTEM (*Roche Instrument Center*).

897

898 Análise Estatística

899

900 As variáveis biométricas, índices zootécnicos, índices somáticos e parâmetros
901 bioquímicos foram analisados em esquema fatorial 2 x 3, verificando a interação entre
902 condições alimentares com dois níveis (alimentados e não alimentados) e período de restrição
903 com três níveis (10, 20 e 30 dias) e posteriormente a realimentação com três níveis (30 dias de
904 restrição com 15 e 50 dias de realimentação). Cada grupo tratado (R/RA) ($n=12$) será
905 comparado ao seu respectivo grupo controle (GC) ($n=12$), e os tratamentos comparados entre
906 si (R10, R20, R30 de restrição e posteriormente o R30 dias x RA15, RA50 dias de
907 realimentação).

908 Os dados foram submetidos à análise de variância e testes de comparação de médias
909 (Tukey), por meio do *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 23, sendo
910 adotado o nível de significância de 5%. Os resultados foram expressos em gráficos de diagrama
911 de caixa no *software* GraphPad Prism versão 5.0.

912

913 Resultados

914

915 Dados biométricos

916

917 Peso corporal inicial

918

919 O peso corporal inicial dos animais aos 10, 20 e 30 dias de restrição não diferiram
920 ($P>0,05$) entre si e entre seus respectivos controles (alimentados diariamente).

921 Aos 30 dias de restrição alimentar o peso inicial dos peixes não foram diferentes
922 significativamente dos animais realimentados por 15 e 50 dias. Mas os períodos de

923 realimentações apresentaram menor ($P<0,05$) peso corporal inicial, os quais diferiram entre
924 seus respectivos controles (Tabela 2).

925
926 **Peso corporal final**

927
928 O peso corporal final dos animais aos 10, 20 e 30 dias de restrição foram
929 significativamente ($P<0,05$) menores que seus respectivos controles (alimentados diariamente),
930 mas os períodos de restrições não diferiram entre si.

931 Os peixes submetidos a restrição alimentar por 30 dias não atingiram ($P<0,05$) o peso do
932 controle após 15 de realimentação, mas com 50 dias de realimentação os peixes apresentaram
933 peso semelhante ao grupo controle. A realimentação por 50 dias proporcionou maior ($P<0,05$)
934 peso corporal final em relação a realimentação por 15 dias.

935 O peso final dos peixes após os 30 dias de restrição ao serem realimentação por 15 dias
936 apresentaram-se semelhantes (Tabela 2).

937
938 **Comprimento padrão**

939
940 O comprimento padrão dos animais não apresentaram variações entre períodos de
941 restrições e entre grupos do mesmo período (controle x tratado). Os animais com 30 dias de
942 restrição alimentar demonstraram aumento no comprimento padrão ao serem realimentados por
943 15 e 50 dias ($P<0,05$). Os grupos dos animais que foram realimentados não diferiram entre seus
944 controles ($P>0,05$), entretanto diferiram entre si (Tabela 2).

945
946 **Ganho de peso**

947
948 Os animais apresentaram perda de peso aos 10, 20 e 30 dias de restrição em comparação
949 com os animais alimentados diariamente ($P<0,05$).

950 Os peixes submetidos a 30 dias de restrição ao serem realimentados por 15 e 50 dias
951 apresentaram ganho de peso em comparação com seu grupo controle ($P>0,05$), o ganho de peso
952 dos peixes foi semelhante (Tabela 2).

953
954 **Peso da carcaça**

955
956 Os animais submetidos a 20 e 30 dias de restrição alimentar apresentaram menores peso
957 de carcaça em comparação com os animais alimentados diariamente ($P<0,05$). O peso de
958 carcaça dos animais não apresentou variação ($P>0,05$) entre os períodos de restrições.

959 Os peixes submetidos a restrição alimentar por 30 dias não apresentaram ($P>0,05$)
960 diferenças em peso de carcaça ao serem realimentados por 15 dias, mas ao serem realimentados
961 por 50 dias, estes demonstraram aumento no peso da carcaça ($P<0,05$).

962 O peso da carcaça dos animais realimentados por 50 dias foi semelhante ($P>0,05$) ao seu
963 respectivo grupo controle (Tabela 2).

964

965 **Peso do fígado, peso das vísceras e seus respectivos índices somáticos**

966

967 **Peso do fígado**

968

969 Os peixes submetidos a 10, 20 e 30 dias de restrição alimentar apresentaram menores
970 ($P<0,05$) valores de peso do fígado que seus respectivos controles (alimentados diariamente).
971 O período 10 dias apresentou maior ($P<0,05$) valor de fígado, se comparado aos períodos 20 e
972 30 dias de restrição.

973 O peso do fígado dos animais submetidos a restrição por 30 dias aumentou ($P<0,05$)
974 quando esses peixes foram realimentados por períodos de 15 e 50 dias. Os tratamentos de
975 realimentação não diferiram entre si ($P>0,05$) (Tabela 3).

976

977 **Índice hepatossomático**

978

979 O índice hepatossomático (IHS) dos animais aos 10, 20 e 30 dias de restrição foram
980 menores ($P<0,05$) que seus respectivos controles. O período de restrição 10 e 30 dias
981 apresentaram diferença significativa entre si, demonstrando queda no IHS ($P<0,05$). Aos 20
982 dias o IHS foi semelhante aos 10 e 30 dias de restrição ($P>0,05$).

983 O tratamento 30 dias ao serem submetidos a realimentação por 15 e 50 dias, apresentaram
984 aumento no IHS ($P<0,05$). Os tratamentos de realimentação não diferiram entre si ($P>0,05$)
985 (Tabela 3).

986

987 **Peso das vísceras**

988

989 Os peixes submetidos a 10, 20 e 30 dias de restrição alimentar apresentaram menores
990 ($P<0,05$) peso de vísceras que seus respectivos controles (alimentados diariamente).

991 O período 10 dias apresentou maior ($P<0,05$) valor de vísceras, se comparado ao período
992 20 dias de restrição. E aos 30 dias de restrição não diferiram ($P>0,05$) entre os períodos 10 e 20
993 dias de restrição.

994 O peso das vísceras dos peixes submetidos a restrição por 30 dias aumentou ($P<0,05$)
995 quando esses animais foram realimentados por períodos de 15 e 50 dias. Os tratamentos de
996 realimentação não diferiram entre si ($P>0,05$) (Tabela 3).

997

998 Índice viscerossomático

999

1000 O índice viscerossomático (IVS) dos animais aos 10, 20 e 30 dias de restrição foram
1001 significativamente ($P<0,05$) menores que seus respectivos controles.

1002 O período de restrição 10 e 20 dias apresentaram diferença significativa entre si,
1003 demonstrando queda no IVS ($P<0,05$). Os 30 dias não diferiram entre os 10 e 20 dias de
1004 restrição ($P>0,05$).

1005 O tratamento 30 dias ao serem submetidos a realimentação por 15 e 50 dias, apresentaram
1006 aumento no IVS ($P<0,05$). Os tratamentos de realimentação não diferiram entre si ($P>0,05$),
1007 mas aos 50 dias de realimentação foi observado um aumento no IVS em comparação com seu
1008 grupo controle (Tabela 3).

1009

1010 **Parâmetros bioquímicos**

1011

1012 Glicose plasmática

1013

1014 A glicose dos animais nos períodos de restrições foram significativamente ($P<0,05$)
1015 menores que seus respectivos controles alimentados diariamente.

1016 O período de restrição de 30 dias proporcionou diminuição ($P<0,05$) na concentração de
1017 glicose sanguínea dos peixes comparativamente aos peixes com 10 dias de restrição, mas não
1018 foi observado alteração na concentração de glicose com 20 dias de restrição (Figura 3).

1019 Após a restrição de 30 dias, a realimentação (tanto com 15 quanto com 50 dias)
1020 proporcionou aumento ($P<0,05$) na concentração de glicose. Os tratamentos de realimentação
1021 não diferiram entre si ($P>0,05$). As realimentações não diferiram entre seus grupos controles,
1022 destacando um aumento da glicose nesses períodos ($P>0,05$).

1023

1024 Proteína plasmática total (PPT)

1025

1026 A proteína plasmática total (PPT) apresentou menor ($P<0,05$) concentração aos 30 dias
1027 de restrição em comparação com o seu respectivo controle (Figura 4).

1028 Os demais períodos de restrição alimentar não influenciaram na concentração de PPT
1029 ($P>0,05$) nos peixes.

1030 A realimentação por um período de 15 dias após 30 dias de restrição não proporcionou
1031 aumento na concentração de PPT, mas com 50 dias de realimentação o nível de PPT aumentou
1032 ($P<0,05$) em relação aos 15 dias de realimentação.

1033

1034 Triglicerídeos

1035

1036

1037 Os triglicerídeos nos períodos de restrições foram significativamente menores ($P<0,05$)
1038 que seus respectivos grupos alimentados diariamente, entretanto os períodos de restrições não
1039 diferiram entre si ($P>0,05$) (Figura 5).

1040 Os animais em 30 dias de restrição ao serem alimentados por 50 dias apresentaram
1041 aumento ($P<0,05$) nos triglicerídeos. Os tratamentos de 15 e 50 dias de realimentação diferiram
1042 entre si ($P<0,05$).

1043

1044 Colesterol

1045

1046 O colesterol dos animais aos 20 e 30 dias de restrição foram significativamente maiores
1047 ($P<0,05$) que seus respectivos controles alimentados diariamente. Todavia, com 10 dias de
1048 restrição não houve alteração na concentração de colesterol em relação ao controle.

1049 Os peixes submetidos aos tratamentos com 20 e 30 dias de restrição apresentaram maior
1050 concentração de colesterol em relação ao tratamento com 10 dias de restrição alimentar
1051 ($P<0,05$).

1052 Após a realimentação em ambos períodos, houve uma queda nos valores de colesterol
1053 ($P<0,05$). Os tempos de realimentações não diferiram entre si ($P>0,05$), mas o período 50 dias
1054 de realimentação diferiu significativamente entre seu respectivo controle ($P<0,05$) (Figura 6).

1055

1056

1057 **Discussão**

1058

1059 A diminuição do peso corporal dos peixes no presente estudo está relacionada, as
1060 restrições alimentares que estes sofreram. Em um estudo realizado por Hung et al. (1997) ao
1061 submeter esturjão a 10 semanas de restrição, também verificou perda de peso corporal (2^a até a
1062 8^a semana), na 10^a semana houve redução e estabilização na perda de peso, sendo que esse
1063 resultado pode indicar uma diminuição da taxa metabólica, e conseqüentemente nesse período

1064 ocorre a mobilização de reservas energéticas pelos animais para a realização da manutenção
1065 metabólica e fisiológica (Furné et al., 2012), como verificado nos resultados do presente estudo.

1066 Rios et al. (2011) ao submeter *Prochilodus lineatus* a restrição de até 8 semanas,
1067 descreveu que após 4 semanas a perda de peso é causada pela perda de massa muscular,
1068 indicando uma degradação proteica após redução hepática, como uma importante fonte de
1069 energia. O mesmo foi verificado por Rossi et al. (2015) quando submeteu os animais a 28 dias
1070 de restrição, pois aos 7 dias de restrição foi observado uma leve redução no peso corporal em
1071 comparação com seu grupo controle, entretanto não foi demonstrando diferença significativa
1072 nesse período. Sendo que no presente estudo os períodos de restrições (10, 20 e 30 dias)
1073 provavelmente apresentavam curtos intervalos (10 dias) devido a isso não foi observada
1074 diferença significativa na diminuição do peso corporal entre esses tratamentos.

1075 No presente trabalho, os animais submetidos a 30 dias de restrição alimentar, ao serem
1076 realimentados por 15 e 50 dias não ultrapassaram o peso corporal dos animais controles,
1077 entretanto os animais realimentados por 50 dias apresentaram aumento no peso corporal em
1078 razão da ingestão diária de ração, mediante a isso foi realizado estoque energético dos
1079 nutrientes. Heide et al. (2006), realizou um trabalho com peixe Halibut do Atlântico com ciclos
1080 alternando entre 11 a 32 dias de restrição e 20 a 67 dias de realimentação, com a finalidade de
1081 determinar os efeitos dos períodos de fome a curto prazo em resposta ao crescimento desses
1082 peixes. Após a realimentação, esses peixes apresentaram compensação parcial, entretanto o
1083 comprimento dos períodos de realimentação mostrou-se insuficiente para que o grupo restrição
1084 ultrapassasse o valor do seu respectivo controle. No presente estudo os peixes realimentados
1085 por 50 dias apresentaram compensação total e peso corporal praticamente semelhante aos
1086 animais alimentados diariamente.

1087 Hayward et al. (1997) observou em seu estudo que peixes híbridos submetidos a
1088 restrição e a realimentação não atingiram o peso dos animais controles, devido ao pequeno
1089 período no fornecimento de alimento; posteriormente foram realizados mais ciclos de restrição
1090 e realimentação (14 dias), fornecendo ração durante a hiperfagia dos animais, essa estratégia
1091 permitiu melhorias no ganho compensatório desses peixes. Em razão do estudo realizado por
1092 autor acima, pode-se determinar que maiores intervalos de restrição podem contribuir no
1093 aumento do peso corporal e conseqüentemente no ganho compensatório dos peixes.

1094 Os peixes em restrição apresentaram visualmente uma redução no comprimento padrão
1095 em comparação com seu grupo controle e entre os períodos de restrição, mas essa redução não
1096 foi considerada significativa, provavelmente pois os intervalos entre as restrições foram curtos
1097 a fim de apresentar tais resultados. Sendo que em estudo realizado com *Hoplosternum littorale*
1098 submetidos a restrição alimentar, também ocorreu uma diminuição no comprimento padrão (7

1099 e 28 dias) desses animais, quando comparado com os grupos alimentados diariamente,
1100 entretanto essas diferenças apontadas também não foram significativas (Rossi et al.; 2015). No
1101 presente estudo, os peixes submetidos a 30 dias de restrição ao serem realimentados por 15 e
1102 50 dias, foi observado aumento no comprimento padrão desses espécimes, ou seja; em razão do
1103 consumo de ração os animais apresentaram crescimento nos períodos de realimentação.

1104 No presente estudo, os animais submetidos a restrição alimentar e posterior
1105 realimentação (15 e 50 dias) apresentaram ganho de peso similar aos animais alimentados
1106 diariamente, enquanto os peixes submetidos ao período de restrição apresentaram perda de peso
1107 corporal, em relação aos seus respectivos controles. Kim et al. (1995), ao submeter os animais
1108 a 3, 6 e 9 semanas de restrição alimentar e 18 semanas de realimentação, observaram após a
1109 realimentação, que os animais submetidos a 3 semanas de restrição apresentaram peso próximo
1110 ao controle. Enquanto que em 6 e 9 semanas de restrição, o peso dos animais foram menores
1111 que os seus respectivos controles. Entretanto os ganhos foram 90 a 86% tanto quanto aos
1112 controles.

1113 *Piaractus mesopotamicus* (magros) subordinados a 15 dias de restrição alimentar
1114 apresentaram maior ganho de peso ao serem realimentados por 5 dias, do que os peixes mais
1115 gordos (Favero et al., 2018). Tilápias ao serem submetidas a períodos de restrição que variaram
1116 de 0 a 4 semanas e 9 a 13 semanas de realimentação, apresentaram melhor ganho de peso que
1117 os animais alimentados diariamente, sendo determinado bons resultados, quando esses peixes
1118 foram submetidos a 1 semana de restrição alimentar e 12 semanas de realimentação, ou seja,
1119 períodos maiores no fornecimento de ração apresentou melhor ganho de peso (Abdel et al.,
1120 2006). Destacando no presente estudo, que provavelmente períodos maiores que os 50 dias de
1121 realimentação poderiam ter ocasionado um melhor ganho de peso nos peixes, além de contribuir
1122 no ganho compensatório total.

1123 O peso da carcaça dos peixes está relacionado com a quantidade de ingestão de
1124 alimentos pelos animais. Sendo observado no presente estudo, uma diminuição no peso de
1125 carcaça dos animais submetidos a restrição alimentar em relação aos animais alimentados
1126 diariamente, e conseqüentemente após serem realimentados por 50 dias, foi verificado um
1127 aumento no peso da carcaça desses animais. Um trabalho realizado por Storebakken et al.
1128 (1991) ao submeter trutas a diferentes taxas alimentares que apresentaram valores que variaram
1129 de 0.0%, a 2% em um período de 6 semanas, posteriormente foi verificado pelo autor maior
1130 peso de carcaça, quando as trutas receberam uma taxa alimentar de 2% em relação as outras
1131 taxas alimentares ditas acima.

1132 Na carcaça dos animais, um dos constituintes corporais mais utilizados como fontes
1133 energéticas, durante a mobilização mediante a restrição alimentar, são as vísceras e o fígado,

1134 sendo assim, em um estudo realizado por Hung et al. (1997) ao submeter trutas a 10 semanas
1135 de restrição alimentar, não observou redução na proteína presente na carcaça nos períodos de 0
1136 a 4 semanas de restrição, sendo essa redução verificada apenas a partir da 6ª semana, em seguida
1137 manteve-se estável até a 10ª semana, e o peso da carcaça dos animais apresenta pouca redução
1138 em teor de proteína na carcaça (9%), quando comparado aos conteúdos lipídicos (84%).

1139 O peso do fígado e das vísceras também é correlacionado com o consumo alimentar
1140 pelos animais, ou seja, no presente estudo realizado com *Piaractus mesopotamicus*, o peso
1141 desses órgãos sofreu uma redução durante a restrição e após a realimentação, foi verificado um
1142 aumento no peso do fígado e das vísceras. Isso ocorre, pois durante a realimentação, são
1143 realizados estoques energéticos de alguns constituintes, como a formação de glicogênio
1144 mediante a glicose, e o estoque de ácidos graxos, sendo considerados importantes fornecedores
1145 de energia, durante a manutenção metabólica. Em razão disso, durante a restrição alimentar essas
1146 fontes são mobilizadas e melhor utilizadas para obtenção de energia (Hung et al., 1997; Abdel
1147 et al., 2006).

1148 Em um estudo realizado por Rossi et al. (2015), foi observado uma diminuição do peso
1149 do fígado, ao submeter os animais a 7 e 28 dias de restrição alimentar, em relação aos
1150 respectivos controles. O autor verificou que aos 7 dias de restrição houve uma diminuição de
1151 71% de glicogênio presente no fígado e aos 28 dias esses valores subiram para 97% de
1152 glicogênio, sendo verificado também diferenças significativas nas concentrações de lipídeos e
1153 proteínas apenas no fígado. De acordo com Black & Love (1986) a restrição ocasiona a redução
1154 do volume celular e nuclear dos hepatócitos.

1155 O peso do fígado e das vísceras apresentou menores valores, quando em um estudo
1156 realizado por Storebakken et al. (1991) foi fornecido taxas alimentares que variaram de 0% a
1157 0,3%, e quando as taxas aumentaram de 1,0% a 2,0% foi verificado aumento no peso do fígado
1158 e das vísceras.

1159 O índice hepatossomático e viscerossomático sofreram redução quando *Piaractus*
1160 *mesopotamicus* foram submetidos a períodos de restrição alimentar em relação aos peixes
1161 alimentados diariamente, esse fato foi influenciado pela queda no peso corporal dos peixes, e
1162 conseqüentemente o organismo realiza mobilização e utilização de reservas energéticas
1163 (glicogênio e lipídios) estocadas no fígado e nas vísceras, as quais são utilizadas pelo peixe
1164 como fonte energética, para manutenção corporal e realização das atividades metabólicas. Após
1165 a realimentação, o IHS e o IVS tornam-se elevados, mediante a ingestão de alimentos,
1166 proporcionando um aumento no peso corporal desses peixes, conseqüentemente o organismo
1167 passa a estocar glicogênio e lipídios como fontes energéticas no fígado e nas vísceras, mediante
1168 a presença de hormônios supra-renais insulina e glucagon.

1169 Barcellos et al. (2010) ao submeter *Galurus punctatus* a períodos de jejum de 7, 14 e 21
1170 dias, os quais também observaram diminuição do índice hepatossomático, determinando essa
1171 ocorrência em razão do conteúdo de glicogênio ser uma fonte de energia presente no fígado, e
1172 este foi mobilizado e esgotado, mas após os períodos de realimentação 2, 4, 6 e 12 dias
1173 observou-se aumento no índice hepatossomático, devido ao estoque de glicogênio no fígado,
1174 mesmos relatos foram abordados (Souza et al., 2002; Pérez-Jiménez et al., 2007; Takahashi et
1175 al., 2010).

1176 Em um estudo realizado por Hung et al. (1997) ao submeter o esturjão a um período de
1177 restrição de 10 semanas, foi observado resultados similares ao presente estudo. Sendo
1178 verificado pelo autor um decréscimo nos índices hepatossomático e viscerossomático (6^a a 8^a
1179 semana), sugerindo uma certa preferência na mobilização energética desses órgãos pelo
1180 metabolismo animal (Takahashi et al., 2010).

1181 Os níveis de glicose sanguínea foram reduzidos em razão da restrição alimentar, isso
1182 ocorreu, em razão do glicogênio ser bastante utilizado na mobilização energética e por fim
1183 disponibiliza a glicose, com o auxílio da gliconeogênese, os quais realizaram os ajustes
1184 glicêmicos desencadeados mediante a necessidade do animal (Blasco et al., 1991). Dessa forma,
1185 a diminuição da glicose sanguínea nos peixes após a restrição provocou a mobilização
1186 energética. Além disso, a restrição diminuiu o metabolismo dos peixes, sendo que com a
1187 realimentação os peixes retornaram à atividade adequada com o menor tempo avaliado (15
1188 dias).

1189 Em um trabalho realizado com esturjão submetido a 10 semanas de restrição alimentar,
1190 foi verificado a partir da segunda semana uma redução na concentração de glicose plasmática,
1191 inferindo na utilização de energia pelo organismo (Hung et al., 1997; Hoseini et al., 2014), esses
1192 dados corroboram com os resultados do presente trabalho ao ter submetido os animais a
1193 períodos de 10, 20 e 30 dias de restrição alimentar.

1194 Furné et al. (2012) em um trabalho de restrição alimentar (2, 5, 10, 40 e 72 dias) e
1195 realimentação (10 e 60 dias) realizado com esturjão e truta *Oncorhynchus mykiss*, também
1196 verificou queda nas concentrações de glicose plasmática no primeiro dia de restrição do esturjão
1197 e em 5 dias na truta, os quais caíram progressivamente em todos os períodos de restrição, e
1198 quando realimentados, a glicose plasmática tornou a subir, sendo recuperada pelos animais.

1199 Esses resultados demonstram que a mobilização de glicose no organismo ocorre
1200 mediante o uso de substrato energético durante a inanição. Em resposta a isso o glicogênio
1201 estocado no fígado é utilizado para a liberação da glicose (glicogenólise) para a manutenção
1202 corporal. Em decorrência do esgotamento de glicogênio hepático, a gliconeogênese passa a
1203 realizar a síntese e distribuição da glicose ao organismo por meio da corrente sanguínea, a partir

1204 de substratos não glicosídicos (lactato, glicerol, piruvato e alguns aminoácidos) (Polakof et al.,
1205 2012; Saita, 2011; Da Silveira et al., 2009).

1206 Os níveis de proteína plasmática total mantiveram-se praticamente intactos entre os
1207 períodos de restrição alimentar e ao serem realimentados por 15 e 50 dias após os 30 dias de
1208 restrição. Sendo notado aumento nos níveis de PPT aos 50 dias em relação aos 15 dias de
1209 realimentação. Esses valores não sofreram grandes variações provavelmente em razão dos
1210 curtos intervalos de restrições que esses peixes foram submetidos, além da proteína total no
1211 plasma ser um componente bastante estável, e poucos fatores relacionados a dieta podem causar
1212 alterações nos níveis plasmáticos dos peixes ao estudar suplementos dietéticos relacionados a
1213 saúde desses espécimes (Nakagawa et al., 2007).

1214 *Piaractus mesopotamicus* (gordos e magros) subordinados a 15 dias de restrição
1215 alimentar não apresentou alterações nos valores de PPT, e ao serem realimentados por 5 dias,
1216 houve aumento nas concentrações de PPT (Favero et al., 2018). Rossi et al. (2015), também
1217 não verificou alterações nas concentrações de PPT ao submeter peixes *Hoplosternum littorale*
1218 a 7 dias de alimentação e 7 dias de restrição. Entretanto aos 28 dias de restrição, o autor notou
1219 a queda de proteína plasmática, ao comparar os resultados com os animais alimentados
1220 diariamente. Em um estudo realizado por Dave et al. (1975) foi verificado a redução do PPT
1221 quando peixes *Anguilla anguilla* foram submetidos a longos períodos de restrição alimentar que
1222 variaram de 96 a 164 dias, sendo determinado pelo autor que o fígado é um órgão responsável
1223 pela síntese desse elemento, e a diminuição do PPT pode estar relacionado a uma alteração na
1224 função hepática.

1225 A queda nos níveis de proteína plasmática em alguns trabalhos está relacionada com a
1226 oxidação de aminoácidos (proteólise) para o requerimento energético, ocorrendo geralmente
1227 quando os estoques de outras fontes energéticas como o glicogênio e lipídeos já foram
1228 utilizados, encontrando-se escassos (Mommensen et al., 1999). E a realimentação tem a
1229 capacidade de restabelecer os valores da proteína plasmática total (Pottinger et al., 2003).

1230 Embora tenha ocorrido redução dos triglicerídeos nos três tratamentos com restrição
1231 alimentar, na realimentação os peixes aumentaram a concentração, sendo semelhante ao
1232 controle, e aos 50 dias de realimentação os peixes apresentaram maiores concentrações que os
1233 animais submetidos a 30 dias de restrição. Isso ocorre porque com a restrição alimentar os
1234 lipídios são mobilizados para a obtenção de energia, sendo os triglicerídeos degradados, para a
1235 liberação dos ácidos graxos livres, e por fim ocorre a lipólise e liberação dos lipídios como
1236 fonte energética (Shimeno et al., 1990; Lehninger, 2006).

1237 Em um estudo realizado por Shimeno et al. (1990) também foi observado pelos autores
1238 diminuição acentuada nas concentrações de triglicerídeos em *Cyprinus carpio* ao serem

1239 subordinadas a 30 dias de restrição alimentar; demonstrando alteração plasmática a partir dos
1240 7 dias de restrição. Ao serem realimentadas por 7 dias, as concentrações de triglicérides
1241 tornaram a se elevar. Esses resultados corroboram com os dados obtidos no presente estudo ao
1242 observar as reduções de triglicérides aos 10 dias de restrição.

1243 Favero et al. (2018) ao expor *Piaractus mesopotamicus* (magro e gordos) a 15 dias de
1244 restrição e 5 de realimentação também verificaram redução nos triglicérides em comparação
1245 com os controles, e após a realimentação, com o consumo de ração os peixes apresentaram
1246 aumento nos níveis de triglicérides, passando a estocar o excesso dessas fontes energéticas no
1247 tecido adiposo.

1248 Os níveis de colestetol sofreram um aumento durante a restrição alimentar e após a
1249 realimentação esses valores tornaram-se menores. Isso ocorreu, porque a produção do colesterol
1250 é regulada pela concentração do colesterol intracelular e pelos hormônios glucagon e insulina.
1251 Ou seja, a ingestão de alimentos leva a uma diminuição na produção de colesterol, enquanto a
1252 restrição proporciona um aumento nos níveis de colesterol circulante, isso ocorre diante o
1253 estímulo da síntese endógena (Berg et al., 2002; Lehninger, 2006). Em um estudo realizado
1254 por Favero (2015) ao estudar restrição alimentar em pacu também observou maiores valores de
1255 colesterol em animais submetidos a restrição e queda de colesterol em animais realimentados
1256 em um período de 30 dias de restrição e 30 dias de realimentação, assim como os resultados
1257 obtidos no presente trabalho.

1258 Espécime *Anabas testudineus* submetida a longo período de restrição alimentar (60 dias)
1259 apresentou elevação nos níveis de colesterol hepático (Godavarthy et al. (2012). O autor
1260 descreve, que isso ocorre, pois, a restrição leva a uma queda na insulina, que consequentemente
1261 realiza a síntese de colesterol, precursor para síntese de hormônio do estresse (glicocorticoides),
1262 e essa elevação está relacionada com a produção de gliconeogênese e adrenocorticóides, além
1263 dos compostos como as cetonas, acetato, acetil-CoA, glicose, que auxiliam no combate ao
1264 estresse, pelo fornecimento de energia.

1265 Conclui-se por meio dos resultados obtidos, que a restrição alimentar a longos períodos
1266 (30 dias) apresentaram como resposta, alterações biométricas, zootécnicas, nos índices
1267 somáticos e nos parâmetros bioquímicos, em razão da manutenção metabólica pelo organismo dos
1268 animais. No entanto essas alterações foram reversíveis, quando os animais foram realimentados
1269 por 15 e 50 dias. As variáveis biométricas e os índices zootécnicos apresentaram aumento no
1270 peso corporal final, ganho de peso e melhorias no peso de carcaça em relação aos controles
1271 alimentados diariamente. O peso do fígado e das vísceras foram recuperados, assim como os
1272 índices somáticos. E as variáveis bioquímicas metabólicas, como a glicose, proteína plasmática

1273 total, colesterol e triglicérides apresentaram seus valores restabelecidos em relação aos peixes
1274 controles.

1275 Períodos maiores que 50 dias de realimentação podem proporcionar ganhos
1276 compensatórios totais em peixes submetidos a restrição. Sendo sugerido que os períodos de
1277 restrição/realimentação ao serem ajustados, podem ser utilizados como estratégia de manejo
1278 dentro de um sistema produtivo.

1279

1280 **Agradecimentos**

1281

1282 Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes, por ter disponibilizado
1283 seu tempo durante o decorrer do mestrado, auxiliando e contribuindo com o seu conhecimento.

1284 À professora Dr^a Cristiane Meldau de Campos, que juntamente com a Universidade
1285 Estadual de Mato Grosso do Sul- Aquidauana, forneceu os espécimes de pacu (*Piaractus*
1286 *mesopotamicus*) para a realização do experimento.

1287 À mestre Kárin Kuibida do Laboratório Veterinário- Diagno Vet, pela colaboração e
1288 realização das análises bioquímicas.

1289 À equipe do Laboratório de Patologia experimental (Lapex) pela contribuição durante o
1290 desenvolvimento do experimento e em todo o período do mestrado.

1291 À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio,
1292 e fornecimento de bolsas de estudo durante a realização do mestrado.

1293

1294 **Referências**

1295

1296

1297 Abimorad, E. G., & Carneiro, D. J. (2004). Métodos de coleta de fezes e determinação dos
1298 coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu,
1299 *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia* **33**, 1101-1109.

1300

1301 Abdel-Tawwab, M., Khattab, Y. A., Ahmad, M. H. & Shalaby, A. M. (2006). Compensatory
1302 growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved
1303 juvenile Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Applied Aquaculture* **18**, 17-36.

1304

1305 Baldisserotto, B. (2002). *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Santa Maria: UFSM **1**,
1306 212.

1307

- 1308 Barcellos, L. J. G., Marqueze, A., Trapp, M., Quevedo, R. M. & Ferreira, D. (2010). The effects
1309 of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia*
1310 *quelen*. *Aquaculture* **300**, 231-236.
- 1311
- 1312 Barros, A. F., Maeda, M. M., Maeda, A., Silva, A. C. & Angeli, A. J. (2016). Custo de
1313 implantação e planejamento de uma piscicultura de grande porte no estado de Mato Grosso,
1314 Brasil. *Archivos de zootecnia* **65**, 21-28.
- 1315
- 1316 Berg, J. M., Tymoczko, J. & Stryer, L. (2002). The complex regulation of cholesterol
1317 biosynthesis takes place at several levels. *Biochemistry*.
- 1318
- 1319 Boyd, C. E. (1990). Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment
1320 Station, Auburn university. *Alabama*, 462.
- 1321
- 1322 Black, D. & Love, R. M. (1986). The sequential mobilisation and restoration of energy reserves
1323 in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology*
1324 *B* **156** 469-479.
- 1325
- 1326 Blasco, J., Fernandez, J. & Gutierrez, J. (1991). The effects of starvation and refeeding on
1327 plasma amino acid levels in carp, *Cyprinus carpio* L., 1758. *Journal of fish biology* **38**(4), 587-
1328 598.
- 1329
- 1330 Dave, G., Johansson-Sjöbeck, M. L., Larsson, Å., Lewander, K. & Lidman, U. (1975).
1331 Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel, *Anguilla anguilla* L.—
1332 I. Carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. *Comparative Biochemistry and*
1333 *Physiology Part A: Physiology* **52**, 423-430.
- 1334
- 1335 Da Silveira, U. S., Logato, P. V. R. & Pontes, E. D. C. (2009). Fatores estressantes de
1336 peixes. *Revista Eletrônica Nutritime* **6**, 1001-1017.
- 1337
- 1338 Dias-Koberstein, T. C. R., Carneiro, D. J. & Urbinati, E. C. (2005). Tempo de trânsito
1339 gastrintestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes
1340 temperaturas de cultivo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **27**, 413-417.
- 1341

- 1342 Dobson, S. H. & Holmes, R. M. (1984). Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo*
1343 *gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology* **25**, 649-656.
- 1344
- 1345 El-Sayed, A. F. M. (1999). Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis*
1346 *spp.* *Aquaculture* **179**, 149-168.
- 1347
- 1348 Favero, G. C. (2015). Condição corporal e jejum sobre o metabolismo energético e crescimento
1349 de juvenis de pacu.
- 1350
- 1351 Favero, G. C., Gimbo, R. Y., Franco Montoya, L. N., Zanuzzo, F. S. & Urbinati, E. C. (2018).
1352 Fasting and refeeding lead to more efficient growth in lean pacu (*Piaractus*
1353 *mesopotamicus*). *Aquaculture Research* **49**, 359-366.
- 1354
- 1355 Furné, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Domezain, A.
1356 & Rus, A. S. (2012). The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon
1357 and rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology B* **182**, 63-76.
- 1358
- 1359 Godavarthy, P., Kumari, Y. S. & Bikshapathy, E. (2012). Starvation induced cholesterologenesis
1360 in hepatic and extra hepatic tissues of climbing Perch, *Anabas testudineus* (Bloch). *Saudi*
1361 *journal of biological sciences* **19**, 489-494.
- 1362
- 1363 Gonçalves, A. F. N., Há, N., Biller-Takahashi, J. D., Sato, L. S., Kishimoto, M. K. & Takahashi,
1364 L. S. (2014). Densidade de estocagem e restrição alimentar em juvenis de piapara. *Boletim do*
1365 *Instituto de Pesca* **40**, 431-439.
- 1366
- 1367 Hayward, R. S., Noltie, D. B. & Wang, N. (1997). Use of compensatory growth to double
1368 hybrid sunfish growth rates. *Transactions of the American Fisheries Society* **126**, 316-322.
- 1369
- 1370 Heide, A., Foss, A., Stefansson, S. O., Mayer, I., Norberg, B., Roth, B. & Imsland, A. K. (2006).
1371 Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile *Atlantic halibut*: effects of short
1372 term starvation periods and subsequent feeding. *Aquaculture* **261**, 109-117.
- 1373
- 1374 Hoseini, S. M., Yousefi, M., Rajabiesterabadi, H. & Paktinat, M. (2014). Effect of short-term
1375 (0–72 h) fasting on serum biochemical characteristics in rainbow trout *Oncorhynchus*
1376 *mykiss*. *Journal of applied ichthyology* **30**, 569-573.

- 1377 Hung, S. S., Liu, W., Li, H., Storebakken, T. & Cui, Y. (1997). Effect of starvation on some
1378 morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser*
1379 *transmontanus*. *Aquaculture* **151**, 357-363.
- 1380
- 1381 Kim, M. K. & Lovell, R. T. (1995). Effect of restricted feeding regimens on compensatory
1382 weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in
1383 ponds. *Aquaculture* **135**, 285-293.
- 1384
- 1385 Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and
1386 condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology*, 201-219.
- 1387
- 1388 Lehninger, A. L. (2006). Princípios de Bioquímica; coordenação da tradução Arnaldo Antônio
1389 Simões, Wilson Roberto Navega Lodi.
- 1390
- 1391 Mommsen, T. P., Vijayan, M. M. & Moon, T. W. (1999). Cortisol in teleosts: dynamics,
1392 mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **9**, 211-
1393 268.
- 1394
- 1395 Moro, G. Biometria de peixes: tanque-rede. *Embrapa Pesca e Aquicultura-*
1396 *Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*, 2014. disponível em: <
1397 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1002638/1/fd1.pdf>>. acesso em 25 out.
1398 2017.
- 1399
- 1400 Nakagawa, H., Sato, M. & Gatlin, D. M. (Eds.). (2007). *Dietary supplements for the health and*
1401 *quality of cultured fish*. Cabi.
- 1402
- 1403 Pérez-Jiménez, A., Guedes, M. J., Morales, A. E. & Oliva-Teles, A. (2007). Metabolic
1404 responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary
1405 composition. *Aquaculture* **265**, 325-335.
- 1406
- 1407 Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J. L. & Moon, T. W. (2012). Glucose metabolism in fish: a
1408 review. *Journal of Comparative Physiology B* **182**, 1015-1045.
- 1409
- 1410 Pottinger, T. G., Rand-Weaver, M. & Sumpter, J. P. (2003). Overwinter fasting and re-feeding
1411 in rainbow trout: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy

- 1412 mobilisation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular*
1413 *Biology* **136**, 403-417.
- 1414
- 1415 Ranzani-Paiva, M. J. T. & Godinho, H. (1988). Características do plasma sanguíneas do pacu
1416 *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (= *Colossoma mitrei* Berg, 1895) em condições
1417 experimentais de criação. *Boletim do Instituto de Pesca* **15**, 69-177.
- 1418
- 1419 Ranzani-Paiva, M. J. T. R., de Pádua, S. B., Tavares-Dias, M. & Egami, M. I. (2013). *Métodos*
1420 *para análise hematológica em peixes*. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.
- 1421
- 1422 Resende, E.K. As perspectivas da piscicultura em mato grosso do sul. corumbá, ms: embrapa
1423 pantanal, 2007. 4p. adm – artigo de divulgação na mídia, n.110. disponível em:
1424 <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/789509/1/adm110.pdf>>.
1425 acesso em 12 out. 2017.
- 1426
- 1427 Rios, F. S. A., Carvalho, C. S., Pinheiro, G. H., Donatti, L., Fernandes, M. N. & Rantin, F. T.
1428 (2011). Utilization of endogenous reserves and effects of starvation on the health of *Prochilodus*
1429 *lineatus* (Prochilodontidae). *Environmental biology of fishes* **91**, 87-94.
- 1430
- 1431 Rossi, A., Cazenave, J., Bacchetta, C., Campana, M. & Parma, M. J. (2015). Physiological and
1432 metabolic adjustments of *Hoplosternum littorale* (Teleostei, Callichthyidae) during
1433 starvation. *Ecological indicators* **56**, 161-170.
- 1434
- 1435 Saita, M. V. (2011). Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu
1436 (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo.
- 1437
- 1438 Souza, V. L., Urbinati, E. C., Gonçalves, D. C. & Silva, P. C. (2002). Composição corporal e
1439 índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes,
1440 Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *Acta*
1441 *Scientiarum: Biological and Health Sciences*, 533-540.
- 1442
- 1443 Sheridan, M. A. & Mommsen, T. P. (1991). Effects of nutritional state on in vivo lipid and
1444 carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and comparative*
1445 *endocrinology* **81**, 473-483.
- 1446

- 1447 Shimeno, S., Kheyyali, D., Takeda, M. (1990). Metabolic adaptation to prolonged starvation in
1448 carp. *nippon suisan gakkaiishi* **56**, 35-41.
- 1449
- 1450 Storebakken, T., Hung, S. S. O., Calvert, C. C. & Plisetskaya, E. M. (1991). Nutrient
1451 partitioning in *rainbow trout* at different feeding rates. *Aquaculture* **96**, 191-203.
- 1452
- 1453 Takahashi, L. S., Biller, J. D., Criscuolo-Urbinati, E. & Urbinati, E. C. (2010). Feeding strategy
1454 with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. *Journal of animal*
1455 *physiology and animal nutrition*, **95**, 259-266.
- 1456
- 1457 Tavares-Dias, M., Martins, M. L. & Moraes, F. R. D. (2000). Relação hepatossomática e
1458 esplenossomática em peixes teleósteos de cultivo intensivo. *Revista Brasileira de Zoologia*
1459 **27**, 273-281.
- 1460
- 1461 Urbinati, E. C., Gonçalves, F. D. & Takahashi, L. S. (2005). Pacu (*Piaractus*
1462 *mesopotamicus*). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil* **2**, 205-244.
- 1463
- 1464 Wieser, W., Krumschnabel, G., & Ojwang-Okwor, J. P. (1992). The energetics of starvation
1465 and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. In *Environmental biology of*
1466 *European cyprinids*, Springer, Dordrecht **33**, 63-71.
- 1467
- 1468 Xie, S., Zhu, X., Cui, Y., Wootton, R. J., Lei, W. & Yang, Y. (2001). Compensatory growth in
1469 the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed
1470 intake and body composition. *Journal of Fish Biology* **58**, 999-1009.
- 1471
- 1472
- 1473
- 1474
- 1475
- 1476
- 1477

Tabela 2. Efeito do período de restrição alimentar e realimentação sobre variáveis biométricas e índices zootécnicos em pacus (*Piaractus mesopotamicus*).

		RESTRICÇÃO (dias)			REALIMENTAÇÃO (dias)	
		10	20	30	15	50
Peso corporal inicial (g)	Controle	45,8 ±8,44	45,8 ±8,44	45,8 ±8,44	66,5 ±11,7	79,0 ±15,6
	Tratado	49,6 ±9,5 ^a	49,6 ±9,5 ^a	49,6 ±9,5 ^{Aa}	46,2 ±10,1 ^{*A}	57,5 ±15,5 ^{*A}
Peso corporal final (g)	Controle	55,4 ±6,7	62,4 ±15,9	63,5 ±8,7	78,5 ±16,2	100,9 ±18,4
	Tratado	48,2 ±7,0 ^{*a}	44,8 ±9,7 ^{*a}	46,2 ±10,7 ^{*Aa}	58,4 ±10,7 ^{*A}	90,2 ±26,3 ^B
Comprimento Padrão (cm)	Controle	11,25 ±0,75	11,57 ±0,89	11,9 ±0,74	12,77 ±0,86	13,85 ±0,87
	Tratado	10,75 ±0,76 ^a	10,57 ±0,82 ^a	10,73 ±1,26 ^{Aa}	12,07 ±0,94 ^B	13,5 ±1,22 ^C
Ganho de peso (g)	Controle	9,61 ±6,7	16,64 ±15,95	17,7 ±8,75	11,97 ±16,18	21,96 ±18,36
	Tratado	-1,4 ±6,96 ^{*a}	-4,83 ±9,75 ^{*a}	-3,4 ±10,67 ^{*Aa}	12,20 ±10,71 ^B	25,15 ±36,15 ^B
Peso da carcaça (g)	Controle	52,4 ±6,43	58,9 ±15,1	59,8 ±8,21	74,3 ±15,2	96,3 ±17,4
	Tratado	46,2 ±6,71 ^a	43,2 ±9,49 ^{*a}	44,6 ±10,4 ^{*Aa}	54,8 ±9,95 ^{*A}	85,2 ±24,7 ^B

(Média ±DP 95%)* = P<0,05 entre grupos do mesmo período (controle x tratado); ab = P<0,05 entre período de restrição alimentar; AB = P<0,05 entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Efeito do período de restrição alimentar e realimentação sobre o peso do fígado, peso das vísceras e seus respectivos índices somáticos em pacus (*Piaractus mesopotamicus*).

		RESTRIÇÃO (dias)			REALIMENTAÇÃO (dias)	
		10	20	30	15	50
Peso do fígado (g)	Controle	0,72 ±0,17	0,85 ±0,27	0,89 ±0,20	0,90 ±0,31	0,99 ±0,23
	Tratado	0,38 ±0,08 ^{*a}	0,29 ±0,07 ^{*b}	0,29 ±0,10 ^{*Ab}	0,69 ±0,25 ^B	1,06 ±0,50 ^B
IHS (%)	Controle	1,30±0,26	1,35±0,24	1,40±0,26	1,15±0,29	0,98±0,12
	Tratado	0,79±0,13 ^{*a}	0,66±0,11 ^{*ab}	0,62±0,16 ^{*Ab}	1,17±0,28 ^B	1,13±0,22 ^B
Peso das vísceras (g)	Controle	2,96 ±0,39	3,54 ±1,07	3,71 ±0,77	4,16 ±1,01	4,61 ±1,02
	Tratado	1,96 ±0,31 ^{*a}	1,56 ±0,30 ^{*b}	1,62 ±0,36 ^{*Aab}	3,56 ±0,81 ^B	4,87 ±1,70 ^B
IVS (%)	Controle	5,36±0,51	5,69±1,15	5,83±0,84	5,27±0,43	4,55±0,40
	Tratado	4,08±0,41 ^{*a}	3,53±0,43 ^{*b}	3,55±0,61 ^{*Aab}	6,07±0,52 ^{*B}	5,35±0,74 ^{*B}

(Média ±DP 95%)* = P<0,05 entre grupos do mesmo período (controle x tratado); ab = P<0,05 entre período de restrição alimentar; AB = P<0,05 entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

1480

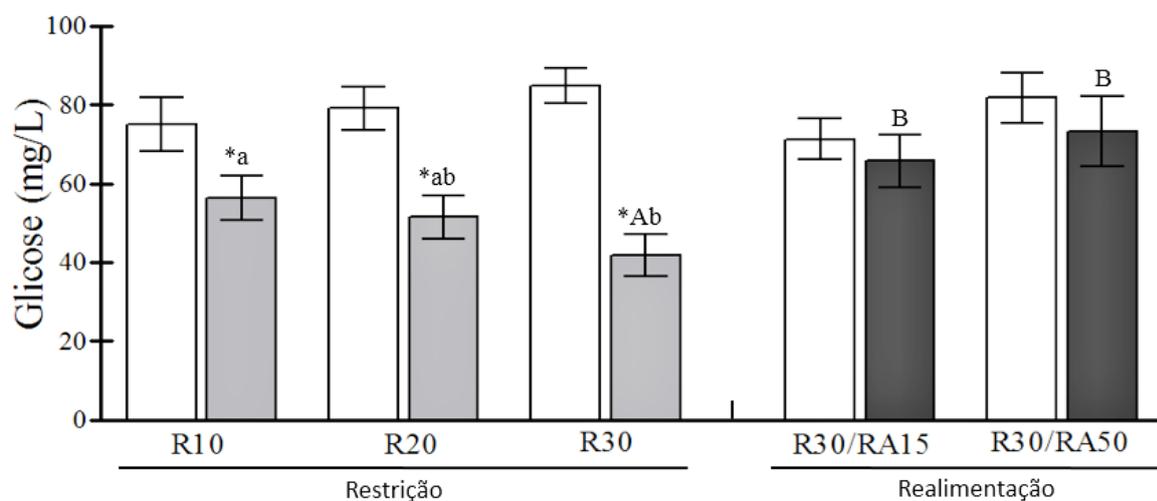


Figura 3. Valores (média \pm IC 95%) de glicose (mg/L) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*, n = 12) submetidos a restrição alimentar e realimentação. Controle (□), restrição (▤) e realimentação (■). * = P<0,05 entre grupos do mesmo período (controle x tratado); ab = P<0,05 entre período de restrição alimentar; AB = P<0,05 entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

1481

1482

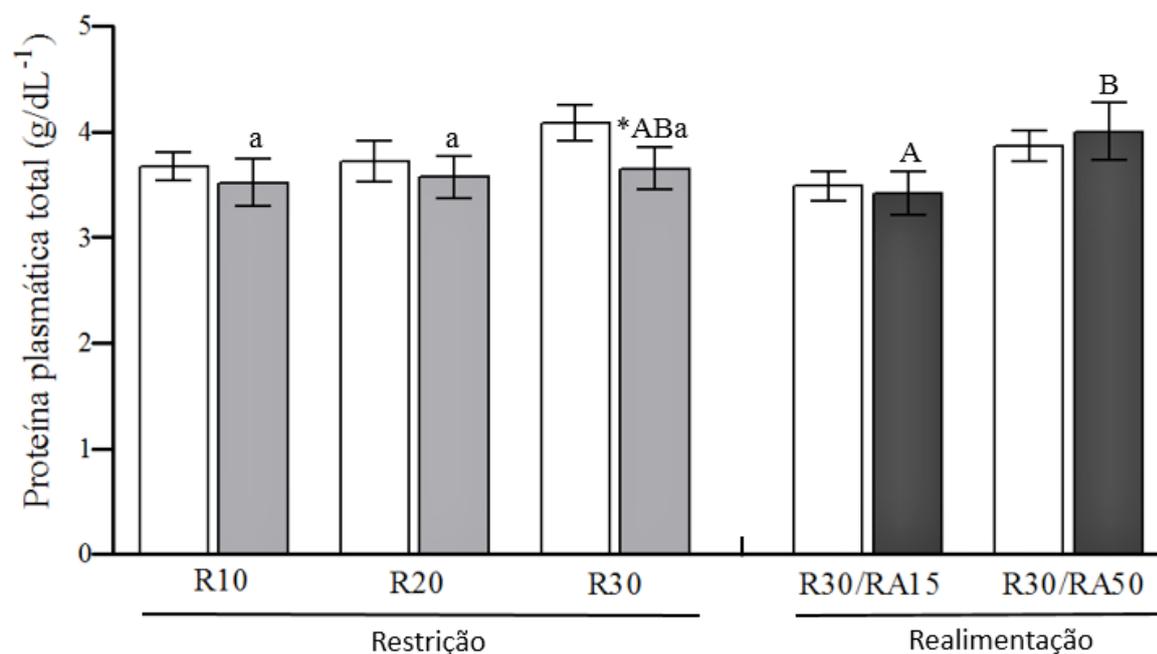


Figura 4. Valores (média \pm IC 95%) de proteína plasmática total (ppt) (g/dL) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*, n = 12) submetidos a restrição alimentar e realimentação. Controle (□), restrição (▤) e realimentação (■). * = P<0,05 entre grupos do mesmo período (controle x tratado); a = P>0,05 entre período de restrição alimentar; AB = P<0,05 entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

1483

1484

1485

1486

1487

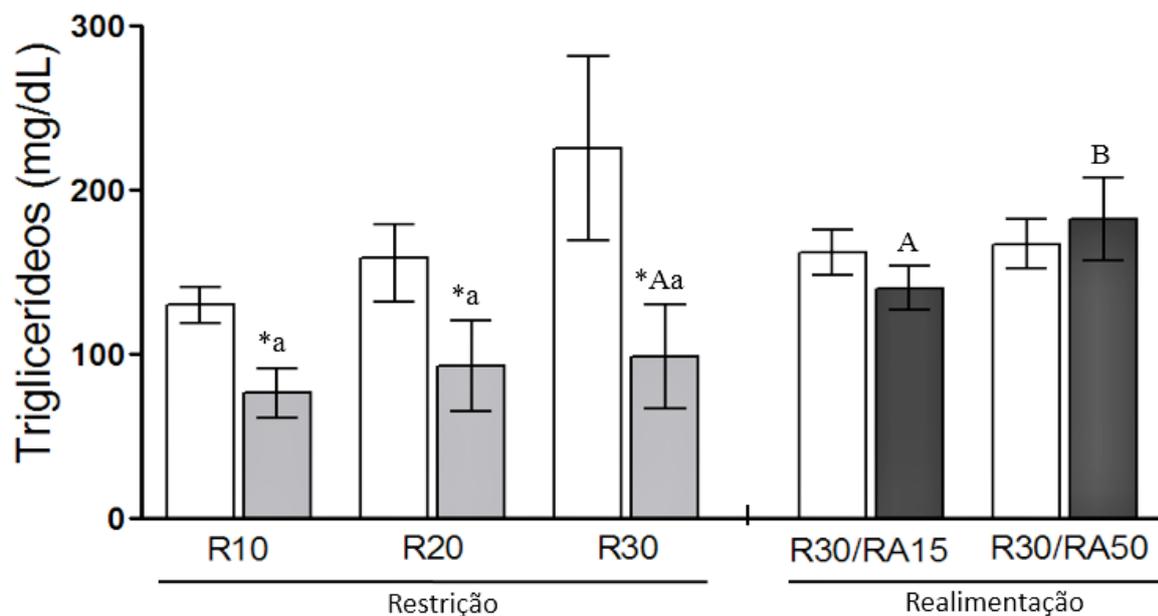


Figura 5. Valores (média \pm IC 95%) de triglicerídeos (mg/L) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*, n = 12) submetidos a restrição alimentar e realimentação. Controle (□), restrição (▒) e realimentação (■). * = $P < 0,05$ entre grupos do mesmo período (controle x tratado); a = $P > 0,05$ entre período de restrição alimentar; AB = $P < 0,05$ entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

1488

1489

1490

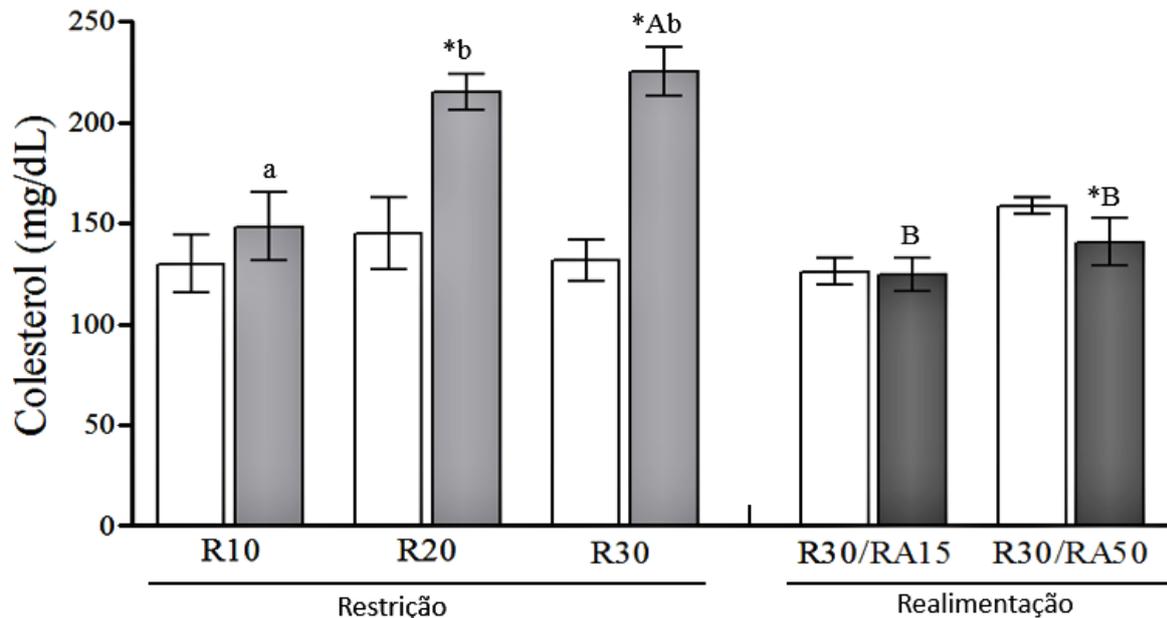


Figura 6. Valores (média \pm IC 95%) de colesterol (mg/L) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*, n = 12) submetidos a restrição alimentar e realimentação. Controle (□), restrição (▒) e realimentação (■). * = $P < 0,05$ entre grupos do mesmo período (controle x tratado); ab = $P < 0,05$ entre período de restrição alimentar; AB = $P < 0,05$ entre período 30 dias de restrição e realimentação pelo teste de Tukey.

1491