

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

**PARÂMETROS PRODUTIVOS, FISIOLÓGICOS E
IMUNOLÓGICOS DE JUVENIS DE PACU (*Piaractus
mesopotamicus*) SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO
ALIMENTAR E ESTRESSE DE MANEJO**

Marcos Vinícius Saita
Zootecnista

Jaboticabal – São Paulo - Brasil

2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PARÂMETROS PRODUTIVOS, FISIOLÓGICOS E
IMUNOLÓGICOS DE JUVENIS DE PACU (*Piaractus
mesopotamicus*) SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO
ALIMENTAR E ESTRESSE DE MANEJO.**

Marcos Vinícius Saita

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisabeth Criscuolo Urbinati

Janeiro - 2011
Jaboticabal – SP

S158p Saita, Marcos Vinícius
Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo / Marcos Vinícius Saita. -- Jaboticabal, 2011
v, 49 f. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2011
Orientador: Elisabeth Criscuolo Urbinati
Banca examinadora: Leonardo Susumu Takahashi, Valéria Leão Souza
Bibliografia

1. Manejo alimentar. 2. Fisiologia. 3. Hematologia. I. Título. II. Jaboticabal – Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Dedicatória

*À minha família, país, irmão e
amigos. Vocês são muito importantes
na minha vida! Sempre!*

Agradecimentos

À professora Beth, pela orientação, ensinamentos e carinho.

Ao professor Leonardo Susumu Takahashi pela contribuição no trabalho, ensinamentos, e amizade.

Aos professores João Batista Kochenborger Fernandes e Valéria Leão Souza pelas valiosas sugestões no trabalho.

À professora Laura Satiko Okada Nakagui pela compreensão, paciência e ajuda.

À Damares Perecin Roviero pela ajuda, amizade, e todas as histórias hilárias.

Aos amigos do laboratório: Leo, Jaque, Márcio, Sumô, Mônica, Carla, Rafa, Spinha, Gimbo, Rullian, Ana Paula, Mariana, Aline, Gisele, Rosângela, e Luís.

A todos os funcionários do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal e do Centro de Aquicultura.

Aos meus pais, Kazuo Saita e Elizabete Harumi Toyama Saita, por todo apoio e ensinamentos.

Ao meu irmão Luís Fernando Saita, por todo companheirismo e amizade.

Aos meus amigos: Luís Henrique, Carlos Eduardo, Natália, Silvia, Maristela, Yara, Karina, Flávia, Renata, William, Vinícius, Tiago, Rafael, Felipe e Danilo, sem vocês eu não seria nada.

Aos professores, colegas e amigos do curso de Pós-Graduação em Aquicultura.

À minha companheira Renata por todo carinho, amizade e inspiração.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

ÍNDICE

Resumo.....	1
Abstract.....	2
1- Introdução.....	3
2- Revisão bibliográfica.....	5
2.1- Restrição alimentar e crescimento compensatório.....	5
2.2- Restrição alimentar e o metabolismo.....	8
2.3- Estresse e imunologia.....	10
2.4- Objetivos.....	5
3- Material e Métodos.....	12
3.1- Animais e plano experimental.....	12
3.2- Tratamentos.....	12
3.3- Amostras.....	14
3.4- Parâmetros de avaliação.....	14
3.4.1- Parâmetros zootécnicos.....	14
3.4.2- Parâmetros do metabolismo intermediário e índices morfométricos.....	15
3.4.3- Parâmetros hematológicos, de estresse e imunológicos.....	15
3.5- Análise estatística.....	15
4- Resultados.....	16
4.1- Primeiro ensaio.....	16
4.1.1- Parâmetros produtivos.....	16
4.1.2- Parâmetros do metabolismo intermediário.....	19
4.1.3- Índices morfométricos.....	22
4.1.4- Parâmetros hematológicos e imunológicos.....	24
4.2- Segundo ensaio.....	28
4.2.1- Parâmetros hematológicos e imunológicos.....	28
4.2.2- Parâmetros metabólicos de estresse.....	31
5- Discussão.....	32
6- Conclusão.....	37
7- Referências Bibliográficas.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semanas de restrição e realimentação dos peixes.....	13
Figura 2. Ganho de peso dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	16
Figura 3. Taxa de crescimento específico dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	17
Figura 4. Consumo alimentar diário dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	17
Figura 5. Conversão alimentar dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	18
Figura 6. Fator de condição dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	18
Figura 7. Triglicerídeos plasmáticos dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	19
Figura 8. Glicemia dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	20
Figura 9. Proteínas totais dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	20
Figura 10. Glicogênio hepático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	21
Figura 11. Lipídeo hepático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	21
Figura 12. Índice hepato-somático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	22
Figura 13. Índice estomaco-somático cheio dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	23
Figura 14. Índice intestino-somático cheio dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	23
Figura 15. Índice gordura visceral somática dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	24
Figura 16. Porcentagem de hematócrito no sangue de pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	25
Figura 17. Número de eritrócitos no sangue de pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	25
Figura 18. Volume corpuscular médio de eritrócitos de pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	26
Figura 19. Concentração de hemoglobina no sangue de pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	27
Figura 20. Análise da atividade de leucócitos de pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação.....	27
Figura 21. Porcentagem de hematócrito no sangue de pacus após o transporte e recuperação.....	28
Figura 22. Número de eritrócitos no sangue de pacus após o transporte e recuperação.....	29

Figura 23. Volume corpuscular médio de eritrócitos de pacus após o transporte e recuperação.....	29
Figura 24. Concentração de hemoglobina no sangue de pacus após o transporte e recuperação.....	30
Figura 25. Análise da atividade de leucócitos após o transporte e recuperação.....	31
Figura 26. Glicemia após o transporte e recuperação.....	31
Figura 27. Análise de cloreto após o transporte e recuperação.....	32

Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo

Resumo - Uma das estratégias estudadas para melhorar o manejo alimentar em peixes é a utilização da restrição da alimentação por tempo determinado para promover compensação do crescimento, durante a realimentação. Além disso, a redução na oferta de alimento é um manejo utilizado para evitar o desperdício de ração, redução da mão-de-obra, e principalmente manutenção da qualidade de água. Entretanto o efeito desse tipo de manejo deve ser mais conhecido para ser melhor explorado. Este estudo avaliou a influência da restrição alimentar controlada no desempenho zootécnico, homeostase metabólica, fisiológica e imunológica em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Juvenis de pacu foram submetidos a quatro estratégias de alimentação (controle; duas semanas; três semanas e quatro semanas de restrição alimentar). Após o período de restrição, todos os tratamentos foram realimentados por duas semanas seguidas. Cada tratamento teve três repetições (viveiros com cerca de 40 m²), sendo utilizado um total de 12 tanques. Os peixes foram amostrados ao final de cada período de restrição (n=12 para cada tratamento) e ao final do período de realimentação de cada tratamento (n=12 para cada tratamento). A segunda fase experimental teve início ao final da amostragem da primeira fase (após a restrição de alimento), para avaliar a higidez dos peixes. Os peixes restantes foram capturados e submetidos ao manejo de transporte, após o qual foram novamente amostrados. Em seguida à amostragem pós-transporte, os peixes foram distribuídos em caixas de 100 L, com aeração e renovação constante de água. Peixes de cada tratamento da primeira fase foram distribuídos em 12 caixas (seis peixes/caixa) onde permaneceram por 72 horas, de modo a simular um período de recuperação. Foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos parâmetros zootécnicos, metabólicos, hematológicos e de estresse. A restrição alimentar seguida de realimentação resultou crescimento compensatório total em juvenis de pacu, e revelou ser um manejo eficaz, que não prejudica o estado de higidez dos animais.

Palavras-chave: manejo alimentar, fisiologia, hematologia, imunologia de peixes.

The productive, physiological, immunological parameters of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submitted to food restriction and management stress

Abstract – A study of strategies to improve feeding management in fish is the use of restricted feeding for a while to promote compensatory growth during refeeding. Food restriction is a management used to avoid feed wastage, reduction of manpower, especially maintenance of water quality. However no one knows what the effects of this type of management on the animal performance, metabolic, physiological and immunological homeostasis of pacu. Juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) underwent four feeding strategies (control; two weeks; three weeks; and four weeks of food restriction). After the restriction period, all treatments were fed back for two weeks straight. Each treatment had three replicates (tanks with about 40 m²), used a total of 12 tanks. Fish were sampled at the end of each restriction period (n= 12 for each treatment) and the end of the refeeding from each treatment (n= 12 for each treatment). The second phase began at the end of sampling after refeeding, to assess fish health, captured animals were submitted to the management of transport, where they were sampled again. After the post-transport sampling, fish were distributed in polyethylene aquarium of 100 L with aeration and constant water flow. Fish per treatment of first stage were distributed in 12 boxes (six fish/aquarium) where they remained for 72 hours in order to simulate a recovery period. There were significant differences ($p<0.05$) in grow parameters, metabolic, hematologic and stress parameters. The feed restriction followed by refeeding resulted in total compensatory growth of juvenile pacu, and has proved an effective management, which should not affect the state of health of animals.

Keywords: feed management, physiology, hematology, immunology

1- Introdução

A produção aquícola brasileira tem crescido acima da média mundial desde 1995. Cresceu em média 21,1%/ano, enquanto a produção mundial cresceu cerca de 9%/ano, de 1991 a 2004, e participou com 26,5% (269.697,50 toneladas) na produção total do país, gerando US\$ 965.627,60 (FAO, 2007). Pode ser considerada como uma atividade econômica importante que gera ganhos significativos para a economia regional e nacional sendo dependente dos ecossistemas onde está inserida, os quais devem permanecer em equilíbrio para possibilitar a manutenção desta atividade (Valenti et al., 2000).

Com a crescente demanda por produtos provenientes da aquicultura, a necessidade de se estabelecer um cultivo sustentável tem estimulado vários estudos nessa área. No caso da piscicultura, o manejo alimentar dos animais é um dos vários fatores que devem ser levados em conta, pois em média, 70% dos gastos gerados são provenientes de investimentos em rações comerciais que atendam as devidas exigências dos peixes.

Um manejo alimentar apropriado deve ser empregado em cultivos comerciais visando um melhor aproveitamento do alimento, diminuição dos desperdícios e gastos com a produção, manutenção da qualidade de água de cultivo, manutenção da saúde dos peixes e um produto final de qualidade para o consumidor. Uma das estratégias estudadas para melhorar o manejo alimentar em peixes é a utilização da restrição da alimentação por determinado tempo para promover compensação do crescimento, durante a realimentação.

A restrição alimentar é uma ocorrência natural durante o ciclo de vida de muitas espécies de peixes, devido a fatores ambientais como mudanças climáticas e de estação, a indisponibilidade de alimentos, e quando as atividades físicas e metabólicas são reduzidas (Borghetti e Canzi, 1993; Mackenzie et al., 1998). O crescimento acelerado após a privação alimentar, com desempenho próximo, igual ou até mesmo superior do normal, é chamado de crescimento compensatório. Em peixes tropicais, a ocorrência de crescimento compensatório vai depender principalmente da espécie e duração da restrição alimentar (Xie et al., 2001).

Um aspecto a ser considerado no manejo alimentar dos peixes, é a possibilidade da restrição alimentar afetar negativamente a capacidade de resposta imunológica durante a exposição dos peixes a manejos estressantes, após a restrição. Em termos gerais, o sistema imune de peixes é similar ao dos vertebrados superiores, com um componente inato e outro adquirido (Bernstein et al., 1998), sendo que as respostas inatas, não específicas, parecem ter mais importância que nos vertebrados

(Shoemaker et al., 2001). Nos últimos anos, as pesquisas sobre a fisiologia, filogenia e ontogenia do sistema imune de peixes vêm aumentando consideravelmente dentre as espécies destinadas à produção. Outro aspecto importante a ser destacado é a suscetibilidade imunológica dos peixes quando submetidos a condições crônicas de estresse (Wendelaar Bonga, 1997), como no caso de um período longo de restrição alimentar.

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é um peixe que vem ocupando lugar de destaque na piscicultura em diversas regiões do Brasil por ter uma vasta distribuição pelo país e por suas características zootécnicas (Castagnolli, 1992). Por esses motivos, essa espécie é uma das mais estudadas no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, objetivando o desenvolvimento de um pacote tecnológico para sua criação (Queiroz et al., 2005; Urbinati et al., 2010).

Estudos sobre crescimento compensatório resultante de restrição alimentar mostraram que o pacu apresenta capacidade de recuperação em períodos mais longos de realimentação (Souza et al., 2000; Gonçalves, 2001), enquanto esta resposta não é clara quando os ciclos de restrição e realimentação são curtos (Takahashi et al., 2010). Adicionalmente, Souza et al. (2003) mostraram que o crescimento compensatório pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz para a produção de pacu, utilizando ciclos alternados de restrição e realimentação.

Trabalhos realizados com esta espécie nas regiões Sul (Borghetti e Canzi, 1993), Sudeste (Bernardino e Ferrari, 1989; Ferrari et al., 1990; Angelini et al., 1992) e Centro-Oeste (Ferraz de Lima et al., 1988; Chabalin e Ferraz de Lima, 1988) do Brasil evidenciaram uma relação entre crescimento e temperatura, com desaceleração no ritmo de crescimento, durante as estações de outono e inverno. O papel da temperatura na regulação da alimentação e crescimento é pouco descrito em peixes, mas sabe-se que a maioria deles se alimenta melhor (Paul et al., 1995) e as taxas de crescimento tendem a ser mais altas (Dobson & Holmes, 1984), na primavera e verão.

Vários fatores alteram o metabolismo dos peixes, mas o principal fator que afeta os processos fisiológicos e bioquímicos, entre os quais taxa de crescimento e desenvolvimento do animal, é a temperatura da água. Geralmente, os peixes são mais susceptíveis às alterações ocorridas no jejum em temperaturas altas (Moon et al., 1985; Angelini et al., 1992).

Entretanto, ainda é necessário determinar as estratégias exatas para a utilização da restrição alimentar e o crescimento compensatório como uma forma de manejo eficaz, especialmente em condições de campo.

2- Revisão bibliográfica

2.1- Restrição alimentar e crescimento compensatório

O processo fisiológico pelo qual o organismo acelera seu crescimento após um período de desenvolvimento reduzido causado por baixa ingestão de alimento, de maneira a alcançar o peso dos animais que não sofreram privação alimentar, é denominado crescimento compensatório. É uma estratégia que pode ser utilizada com manejo alimentar dos peixes, para melhorar a taxa de crescimento, o aproveitamento do alimento e redução dos custos de produção (Hornick et al., 2000).

Segundo Ali et al. (2003), existem diferentes graus de compensação para peixes que passaram por restrição alimentar: 1) sobre-compensação - animais atingem maior tamanho, em um mesmo período de tempo, comparado aos animais que não sofreram restrição de alimento, 2) compensação total - atingem o mesmo tamanho, no mesmo tempo que os animais alimentados continuamente; 3) compensação parcial – não atingem o mesmo tamanho no mesmo tempo, porém apresentam uma alta taxa de crescimento e eficiência alimentar; 4) não compensação – não ocorrem respostas compensatórias no período de realimentação, após a privação alimentar.

Em sistemas aquáticos naturais, devido à alta variação de disponibilidade de alimento, peixes experimentam diferentes graus de jejum durante as fases de vida, causando variações nas taxas de crescimento (Chappaz et al., 1996). Existem evidências de que muitas espécies de peixes, de clima temperado, se alimentam vorazmente durante o começo da primavera, de forma a compensar o atraso no crescimento ocorrido durante um período de inverno de pouca disponibilidade de alimento (Goddard, 1996).

As flutuações temporais e espaciais de alimento no ambiente aquático, ou a migração para desova, submetem os peixes a períodos naturais de privação alimentar (Wieser et al., 1992; Mehner e Wieser, 1994). Em condições experimentais, Blasco et al. (1991) e Kieffer e Tufts (1998) demonstraram que a restrição envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas para promover o ajuste biológico do animal, e suas consequências finais são altamente dependentes da espécie considerada, da idade do peixe e das condições experimentais como temperatura da água, fotoperíodo, dieta pré-jejum e duração do período de jejum.

O aumento da taxa de crescimento logo após o período de estresse nutricional é resultado de algumas estratégias adotadas pelo organismo: consumo maior de alimento durante o período pós-estresse (hiperfagia), aumento da eficiência alimentar

(melhor digestão e absorção de nutrientes), redução dos custos metabólicos e diminuição da locomoção (Ali et al., 2003).

O sucesso na compensação de crescimento muitas vezes se deve à duração da hiperfagia durante a realimentação (Zhu et al., 2001). A habilidade de manter um grande período de hiperfagia está provavelmente relacionada à hipertrofia do trato digestório, levando a uma maior capacidade de digestão (Rueda et al., 1998; Belanger et al., 2002; Nikki et al., 2004). Portanto, os peixes necessitam ajustar rapidamente seu estado fisiológico, como também a quantidade de enzimas digestivas, que durante a privação fica bastante reduzida, para adaptar-se a sua nova condição nutricional (Tian e Qin, 2003). Quando o aumento da ingestão alimentar estiver acompanhado de uma eficiente digestão e absorção dos nutrientes, haverá melhora na conversão alimentar e no crescimento dos animais (Dobson e Holmes, 1984; Jobling e Koskela, 1996; Chatakondi e Yant, 2001; Eroldogan et al., 2006; Cho et al., 2006).

A importância do ganho de peso compensatório depende de alguns fatores, destacando-se a natureza, severidade e duração da restrição alimentar, o estágio de desenvolvimento em que se inicia a subnutrição, a idade de maturidade sexual e o modelo de realimentação (Ali et al., 2003). Peixes em estado de desenvolvimento mais avançado podem ser submetidos a uma privação alimentar mais severa do que peixes mais jovens, para demonstrar compensação de crescimento (Jobling e Koskela, 1996; Rueda et al., 1996; Souza et al., 2000; Takahashi et al., 2010). De acordo com Tian e Qin (2003) e Wang et al. (2000), uma vez que a massa corporal dos peixes restritos cai abaixo de 60% do peso dos peixes alimentados, fica praticamente impossível ocorrer compensação total de crescimento.

Desde a década de 70, os estudos sobre o crescimento compensatório em peixes tornaram-se um tema destacado, pois este crescimento possui, além de importância ecofisiológica, implicações para a aquicultura, tais como: potencial para diminuição da quantidade de alimento fornecido e custos de mão-de-obra, redução da emissão de efluentes durante o período de restrição de alimentação, melhorando a conversão alimentar quando o fornecimento de ração é normalizado, consequentemente melhorando a eficiência da produção (Quinton e Blake, 1990; Jobling et al., 1994; Hayward et al., 1997; Ali et al., 2003). Entretanto, não são totalmente conhecidas as implicações da restrição alimentar sobre o organismo dos peixes, como por exemplo, o grau de susceptibilidade a doenças desses animais após um manejo de rotina nas fazendas de produção.

Em piscicultura, o crescimento compensatório, como estratégia de manejo alimentar, está bem documentado em relação aos salmonídeos (Jobling e Koskela, 1996; Nicieza e Metcalfe, 1997; Nikki et al. 2004; Känkänen e Pirhonen, 2009),

ciprinídeos (Bastrop et al., 1991; Zhu et al., 2004; Fu et al., 2007), e outras espécies, como o bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) (Gaylord e Gatlin III, 2000), o “artic charr” (*Salvelinus alpinus*) (Miglav e Jobling, 1989), o híbrido de “sunfish” (*Lepomis macrochirus*) (Hayward et al., 1997), o híbrido “striped bass” (Turano, 2008), e também híbridos de tilápia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) (Wang et al., 2000). Entretanto, em peixes nativos não se encontram muitos estudos sobre o crescimento compensatório.

Os efeitos da restrição alimentar e da realimentação sobre o crescimento e o metabolismo energético de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) foram descritos por Souza et al. (2000), que concluíram que a restrição de alimento por até 60 dias não causou mortalidade nem efeitos deletérios aos peixes após um mês de realimentação. Gonçalves (2001), estudando o metabolismo energético e o desempenho produtivo de juvenis da mesma espécie, submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína, também constatou o crescimento compensatório dos animais. Entretanto, estratégias de alimentação com ciclos curtos de restrição e realimentação, associados a dois níveis de carboidratos não estruturais dietéticos, não foram eficientes em induzir o ganho de peso compensatório de juvenis de pacu (Takahashi et al., 2010).

Ainda com o pacu, Souza et al. (2003), avaliando o crescimento e o custo da alimentação de animais submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação, observaram melhor desempenho no crescimento e menor custo com ração quando os peixes foram submetidos a seis semanas de restrição de alimento, sendo realimentados por sete semanas, durante o outono e inverno. Em estudo de privação alimentar em tambaquis (*Colossoma macropomun*), Ituassu (2004) concluiu que essa espécie de peixe apresenta crescimento compensatório quando submetida a períodos de privação alimentar de 14 dias. O crescimento compensatório de juvenis de robalo-peva (*Centropomus parallelus*) foi descrito por Ribeiro e Tsuzuki (2010), cuja capacidade de compensação total de crescimento quando submetido, a no máximo, duas semanas de privação alimentar, foi eficaz.

Muitos desses estudos utilizam como forma de avaliação do crescimento compensatório, animais confinados em um ambiente que não assemelha ao seu habitat natural ou de cultivo. A utilização de instalações semelhantes ao de cultivo proporciona certa similaridade com a realidade dos produtores, e conseqüentemente, os resultados podem ser altamente aplicados.

Alguns estudos têm avaliado ciclos repetidos de restrição alimentar e realimentação em relação ao crescimento compensatório (Mélard et al., 1997; Ali e Wootton, 2001; Hayward e Wang, 2001; Chatakondi e Yant, 2001).

2.2- Restrição alimentar e o metabolismo

Em regiões de clima temperado, o metabolismo dos peixes, a ingestão do alimento e as respostas imunológicas diminuem em decorrência da queda intensa de temperatura nas épocas mais frias do ano, podendo reduzir a eficiência de produção de algumas espécies. Neste caso, regimes alimentares diferenciados no inverno podem ser utilizados, como o uso da restrição ou privação alimentar, de forma que o ganho compensatório seja otimizado na próxima estação (Sealey et al., 1998).

Mesmo em regiões tropicais e subtropicais, quando cultivos intensivos ou semi-intensivos são empregados usando viveiros ou tanques-rede, podem ocorrer variações bruscas de clima causando alterações no metabolismo dos peixes e redução da ingestão de alimento, fato que pode aumentar o desperdício de ração e, conseqüentemente, piora a qualidade da água da criação. Se o produtor é impossibilitado de alimentar os peixes por um curto período de tempo, devido a doenças ou condições adversas dos viveiros, ou mesmo em cultivo em tanques-rede, onde muitas vezes as estruturas podem ser de difícil acesso, um período de privação alimentar poderia ser utilizado, uma vez que para muitas espécies pode haver uma compensação do período de atraso de crescimento quando alimentados à saciedade após o término da privação (Sealey et al., 1998).

Em relação à severidade da privação alimentar, podem ser empregados modelos que utilizam períodos de total privação alimentar, em que os peixes permanecem em jejum, ou períodos de restrição alimentar, sendo fornecida uma quantidade de alimento menor que a alimentação ideal. Ou ainda, podem ser utilizados períodos simples de privação alimentar (restrição seguida de realimentação) ou períodos compostos (ciclos de privação e realimentação) de privação alimentar, seguidos da realimentação até a saciedade (Dobson e Holmes, 1964; Rueda et al., 1996; Tian e Qin, 2003; Wang et al., 2005).

Durante a restrição, é observado um decréscimo da taxa de crescimento do animal, que resulta em alterações fisiológicas e morfológicas, como a redução do tamanho do trato gastrointestinal e fígado. A redução do tamanho dos órgãos é conseqüência do decréscimo da quantidade de energia e proteína e da redução da síntese de proteína. O resultado é a hipotrofia das células causando uma redução de toda a massa do órgão (Sainz e Bentley, 1997).

Em animais com a alimentação restrita, a exigência da energia de manutenção pode regular a taxa metabólica basal, que, por sua vez, induzirá um decréscimo na exigência de manutenção corporal (O'Donovan, 1984; Ryan, 1990). Alguns estudos

têm demonstrado que a privação alimentar pode resultar na diminuição dos estoques corporais de nutrientes para a manutenção do peixe (Quinton e Blake, 1990; Bastrop et al., 1991; Souza et al., 2000).

A fonte energética utilizada pelos peixes durante a restrição alimentar pode variar entre as espécies, pois algumas se utilizam principalmente do glicogênio, outras de lipídios e de proteínas (Sheridan e Mommsen, 1991). Após a ingestão de alimentos, os carboidratos e lipídios são armazenados no fígado, músculo e tecido adiposo, sendo uma grande fonte de reserva energética para peixes como *Cyprinus carpio* (Shimeno et al., 1990; Blasco et al., 1992), *Piaractus mesopotamicus* (Souza, 1994; Souza et al., 2000) e *Ictalurus punctatus* (Webster et al., 1994), sendo que em situações de jejum, a quantidade de lipídios, tanto no fígado, quanto em outros tecidos diminui, indicando que este metabólito contribui substancialmente para o fornecimento de energia durante o jejum. Já as proteínas são quebradas em aminoácidos utilizados para a síntese de novas proteínas e conseqüentemente para o crescimento, embora elas possam ser usadas como fonte energética como visto em *Carassius auratus* (Stimpson, 1965) e *Anguilla rostrata* (Larsson e Lewander, 1973).

Os peixes utilizam o alimento, primeiramente para suprir as necessidades energéticas de manutenção dos processos vitais e para repor o catabolismo do tecido e, somente depois, para o crescimento (Hepher, 1988). Estudos têm demonstrado que mesmo nessas situações, em que o metabolismo energético se altera, desde que restabelecidas algumas condições, como o retorno da disponibilidade ou frequência de alimentos, algumas espécies de peixes apresentam um rápido crescimento compensatório (Dobson e Holmes, 1984; Jobling et al., 1993).

A mobilização das reservas de energia sob condições de estresse nutricional está sob controle endócrino. Como verificado em outros vertebrados, a regulação hormonal do metabolismo de peixes é um processo complexo que envolve vários fatores, incluindo o cortisol (Mommsen et al., 1999), que é caracterizado em peixes como um hormônio multifuncional envolvido na regulação metabólica. Seu papel preciso durante períodos de jejum permanece incerto (Wendelaar-Bonga, 1997; Mommsen et al., 1999).

2.3- Estresse e imunologia

Muitos são os fatores considerados estressores num processo de produção de peixes. Dentre esses fatores destacam-se a temperatura da água, que pode sofrer alterações abruptas, principalmente durante épocas de inverno, e, ainda, os diferentes

manejos exigidos na criação, como por exemplo, a despesca e o transporte dos animais, entre outros.

A resposta do organismo a qualquer demanda que cause alteração da condição fisiológica do animal, além do estado normal de repouso, foi definida como estresse por Selye (1973). Representa a reação a um estímulo adverso que pode alterar o estado de homeostase fisiológica do peixe, afetando a resistência a doenças, crescimento, reprodução, sobrevivência e condição geral de saúde dos animais (Barton e Iwama, 1991).

Os peixes nem sempre adoecem e morrem quando são desafiados por agentes estressores. Normalmente, adaptam-se ao estresse por um período de tempo finito (Barton e Iwama, 1991). Durante este período, podem parecer normais; porém, estão depletando reservas e redirecionando a energia em função das exigências extras impostas. Nesta condição, os animais deixam de crescer e de se reproduzir e buscam retornar à condição de homeostase. Se há necessidade de redistribuição de energia, os animais devem estar preparados, principalmente, para prover energia, além de outros compostos como vitaminas e minerais que agirão como substrato para o correto funcionamento do sistema imunológico.

Graças ao processo de adaptação que ocorre durante a resposta de estresse, os peixes, ao longo da evolução, conseguiram transpor obstáculos, como fugir do predador, lutar, ou viver em condições não adequadas. Porém, se um animal está submetido a estresse intenso e constante, a resposta fisiológica pode perder seu valor adaptativo e tornar-se disfuncional, acarretando danos permanentes à sua saúde e bem-estar (Wendelaar-Bonga, 1997).

Em sistemas intensivos de produção, o estresse causado por fatores ambientais e por práticas de manejo ocorre continuamente durante a produção, tornando-se uma condição crônica. Este estado leva a contínua perda da homeostase fisiológica, com redução do crescimento e da capacidade reprodutiva, além da debilidade do sistema imune, tornando o peixe susceptível a doenças, infestação por patógenos oportunistas, aumento da mortalidade e grande prejuízo na produção (Bly et al., 1997; Wendelaar-Bonga, 1997; Van Weerd e Komen, 1998). Um dos fatores estressores que podem causar uma condição crônica adversa é a condição nutricional dos peixes (Bly e Clem, 1994). Com a intensificação da criação de peixes, diferentes fatores estressores se apresentam. Dessa maneira, é essencial que o sistema imune funcione adequadamente para garantir a saúde e as condições fisiológicas dos peixes cultivados (Urbinati et al., 2010).

A imunidade inata, natural ou não específica é a primeira linha de defesa do corpo. É definida como um conjunto de mecanismos que protege o organismo contra

infecções, sem uma prévia exposição ao agente causador (Bols et al., 2001). Parte das respostas inatas inclui os leucócitos, que após diapedese e quimiotaxia até o foco lesado, são capazes de reconhecer patógenos, fagocitá-los e degradá-los. O processo de fagocitose tem início com o englobamento do patógeno por meio de pseudópodos, internalização com formação de fagossoma, fagolisossoma com início de eventos microbicidas e degradação (Roitt et al., 1998).

Quando a fagocitose é iniciada, ocorre um aumento no consumo de oxigênio molecular, conhecido como “explosão” oxidativa (do inglês oxidative burst). O oxigênio é reduzido, via sistema NADPH oxidase, a ânion superóxido que, por sua vez, é precursor de várias espécies reativas de oxigênio (EROs), como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radicais hidroxila ($OH^\cdot$) e ânions oxigênio ($O_2^\cdot$). As EROs são altamente oxidantes e contribuem ativamente com a destruição dos microorganismos (Verlhac e Gabaudan, 1997).

Poucos estudos avaliam o sistema imune de organismos aquáticos submetidos à restrição alimentar. Butt et al. (2007) avaliaram o efeito da privação alimentar na defesa imunológica de ostras (*Saccostrea glomerata*) e concluíram que a restrição do alimento, bem como a duração e intensidade do procedimento, compromete a atividade imunológica dos animais. Olsen et al. (2008) estudaram o efeito do estresse e estado nutricional de *Gadus morhua* submetido a regimes de privação alimentar e concluíram que peixes com alimentação restrita são mais propensos ao estresse do que peixes alimentados.

2.4- Objetivos

Estudar o efeito de diferentes estratégias de restrição alimentar seguidas de realimentação, no desempenho zootécnico, homeostase metabólica, fisiológica e imunológica do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), frente a manejos estressores.

3- Material e métodos

3.1- Animais e plano experimental

O experimento foi realizado no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) durante o mês de outubro a novembro. As análises laboratoriais no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) – Campus de Jaboticabal.

Os pacus utilizados foram provenientes da piscicultura São Geraldo, Sertãozinho – SP, e passaram por um período de aclimação às condições experimentais, quando foram aleatoriamente distribuídos nos viveiros, na proporção de 100 animais/tanque (dois peixes/m²), sendo alimentados durante 15 dias, em duas refeições diárias (9h00 e 17h00).

Após o período de aclimação, os peixes foram pesados e medidos para registro de dados iniciais. Foram selecionados 1200 animais de uma faixa de peso semelhante ($55,41 \pm 1,45$ g e $13,50 \pm 0,21$ cm) para homogeneização do lote. Após esse procedimento, foi iniciado o experimento, que teve duração total de 45 dias. Foram utilizados 12 tanques de alvenaria com fundo de terra, de 40 m²/cada, com renovação contínua de água, e monitoramento semanal dos parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido ($10,56 \pm 1,80$ mg O₂ L⁻¹), temperatura ($28,49 \pm 0,95^{\circ}$ C), pH ($8,20 \pm 0,93$), e amônia (valores abaixo da leitura).

Os peixes foram alimentados com uma ração comercial para peixes onívoros na fase de crescimento, 2 a 4 mm, com 40% de proteína bruta e 8% de extrato etéreo. Na aclimação e durante o período experimental, os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (9h00 e 17h00) até a saciedade aparente. As rações foram armazenadas em frascos plásticos para a quantificação do alimento fornecido, durante todo o período de realimentação.

3.2- Tratamentos

O estudo foi dividido em dois ensaios:

1º ensaio:

Os peixes foram submetidos a quatro estratégias de alimentação:

- T1: alimentado diariamente;
- T2: restrição alimentar de 2 semanas/realimentação 2 semanas;
- T3: restrição alimentar de 3 semanas/realimentação 2 semanas;
- T4: restrição alimentar de 4 semanas/realimentação 2 semanas.

		1 semana	2 semana	3 semana	4 semana		2 semanas	
T1		X	X	X	X		X	
T2		X	X	Restrição	Restrição		X	
T3		X	Restrição	Restrição	Restrição		X	
T4		Restrição	Restrição	Restrição	Restrição		X	

Figura 1. Semanas de restrição e realimentação dos peixes. T1= Controle; T2= 2 restrição/2 realimentação; T3= 3 restrição/2 realimentação; T4= 4 restrição/2 realimentação; X= Fornecimento de alimento;  = Coletas.

Após o período de restrição, peixes de todos os tratamentos foram realimentados por duas semanas. Cada tratamento teve três repetições (viveiros), sendo utilizado um total de 12 tanques. Os peixes foram amostrados: no início do tratamento (n=24, sendo 2 peixes de cada viveiro); ao final do período de restrição (n=12 para cada tratamento) e ao final do período de realimentação (n=12 para cada tratamento).

2º ensaio:

Ao final da amostragem realizada após a realimentação, ou seja, ao final do ciclo completo, para avaliar a higidez dos peixes e simular um manejo de estresse, 72 peixes capturados foram embalados em 12 sacos de transporte (6 peixes/saco) com oxigênio, e levados até o Laboratório de Fisiologia de Peixes (manejo de cerca de três horas desde a captura até a chegada), onde foram novamente amostrados. Esse manejo visou simular a prática de manuseio normal durante uma despesca numa propriedade, onde os animais são transferidos de instalações.

Após a amostragem na chegada ao Laboratório, os peixes foram distribuídos em caixas de 100 L, com aeração e renovação constante de água. Peixes de cada tratamento da 1ª Fase foram distribuídos em 12 caixas (6 peixes/caixa) onde permaneceram por 72 horas, para simular um período de recuperação, após o qual, os peixes foram amostrados novamente (n=12).

3.3- Amostragens

Os peixes, anestesiados com benzocaína, foram pesados e medidos. O sangue foi colhido com e sem anticoagulante para a determinação dos indicadores metabólicos, de estresse e imunológicos, e em seguida, os animais foram abertos para retirada de fígado. Os fígados foram pesados e mantidos a -20 °C até a realização das análises.

3.4- Parâmetros de avaliação

Na 1ª Fase experimental, foram avaliados: parâmetros zootécnicos, metabólicos, hematológicos, de estresse e imunológicos e na 2ª fase experimental, todos os anteriormente citados, exceto os parâmetros zootécnicos e metabólicos.

3.4.1- Parâmetros zootécnicos

Foram avaliados os seguintes parâmetros zootécnicos:

- Ganho de peso: GP (g) = peso final (g) – peso inicial (g);
- Taxa de crescimento específico: TCE (%) = $100 \times [(\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}) / \text{período experimental}]$;
- Consumo alimentar diário: CAD (%) = $100 \times [\text{alimento consumido total (g)} / (\text{peso inicial (g)} \times \text{período experimental})]$;
- Conversão alimentar: CA = alimento fornecido (g) / ganho de peso (g);
- Taxa de eficiência protéica: TEP (%) = $100 \times (\text{ganho de peso (g)} / \text{proteína bruta consumida (g)})$;
- Fator de condição: K = $100 \times [\text{peso} / (\text{comprimento total})^3]$;

3.4.2- Parâmetros do metabolismo intermediário e índices morfométricos

No plasma, resultante do sangue tratado com anticoagulante Glistab (EDTA e fluoreto de potássio), foram determinadas as concentrações de glicose (Método GOD-Trinder, Kit Labtest), triglicerídios (Kit Labtest), e proteínas totais (Método Biureto, Kit Labtest). No fígado foram determinadas as concentrações de glicogênio (Moon et. al, 1989) e lipídeo total (Bligh e Dyer, 1957). Foram calculados, ainda, o índice

hepatossomático (IHS), índice de gordura visceral somática (IGVS), estomaco-somático cheio (IESc), intestino-somático cheio (IISc), pelas seguintes fórmulas:

$$\text{IHS (\%)} = 100 \times [\text{peso do tecido hepático(g) / peso corporal (g)}]$$

$$\text{IGVS (\%)} = 100 \times [\text{peso da gordura visceral (g) / peso corporal (g)}]$$

$$\text{IESc (\%)} = 100 \times [\text{peso do estômago cheio (g) / peso corporal (g)}]$$

$$\text{IISc (\%)} = 100 \times [\text{peso do intestino cheio (g) / peso corporal (g)}]$$

3.4.3- Parâmetros hematológicos, de estresse e imunológicos

No sangue total, foram determinados: concentração de hemoglobina, hematócrito, número e volume das hemácias (aparelho Celm DA-500). No soro, foram determinadas as concentrações de cloreto (kit Labtest). A análise da atividade respiratória de leucócitos seguiu o protocolo de Anderson e Siwicki (1995), utilizando 0,1 mL de sangue total heparinizado.

3.5- Análise estatística

O experimento foi dividido em dois ensaios. No primeiro ensaio (fase), o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos em esquema fatorial (4x2) composto por quatro estratégias de restrição alimentar (0; 2; 3; 4 semanas de restrição) e dois tempos de amostragem (após a restrição e após a realimentação). No segundo ensaio, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 tratamentos em esquema fatorial (4x3) composto por quatro estratégias de restrição alimentar (0; 2; 3; e 4 semanas de restrição) e três tempos de amostragem (após o período de realimentação, após o transporte e dois dias de recuperação). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%), através do programa estatístico SAS, versão 9.0.

4- Resultados

4.1- 1ª fase experimental

4.1.1- Parâmetros produtivos

A restrição de alimento durante duas, três e quatro semanas, seguida de realimentação durante duas semanas, promoveu crescimento compensatório em juvenis de pacu. Ao final dos 45 dias de experimento, os resultados mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) no ganho de peso (GP) (Figura 2).

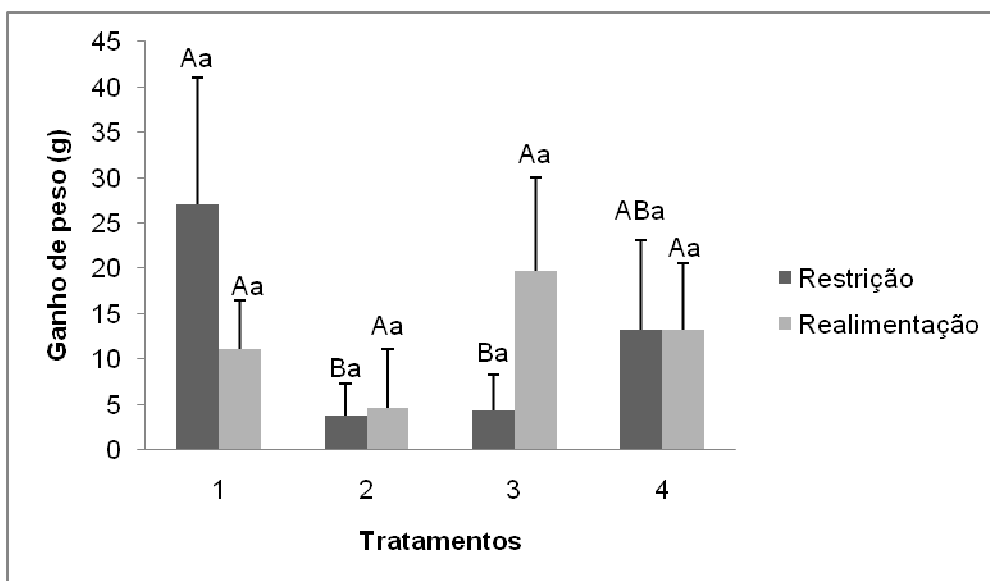


Figura 2. Ganho de peso dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Os peixes do Tratamento 1 apresentaram as maiores taxas de crescimento específico (TCE) no período de restrição, comparado aos demais tratamentos. Houve diferença entre tratamentos, entretanto não houve diferença estatística ($p > 0,05$) no tempo de amostragem (Figura 3).

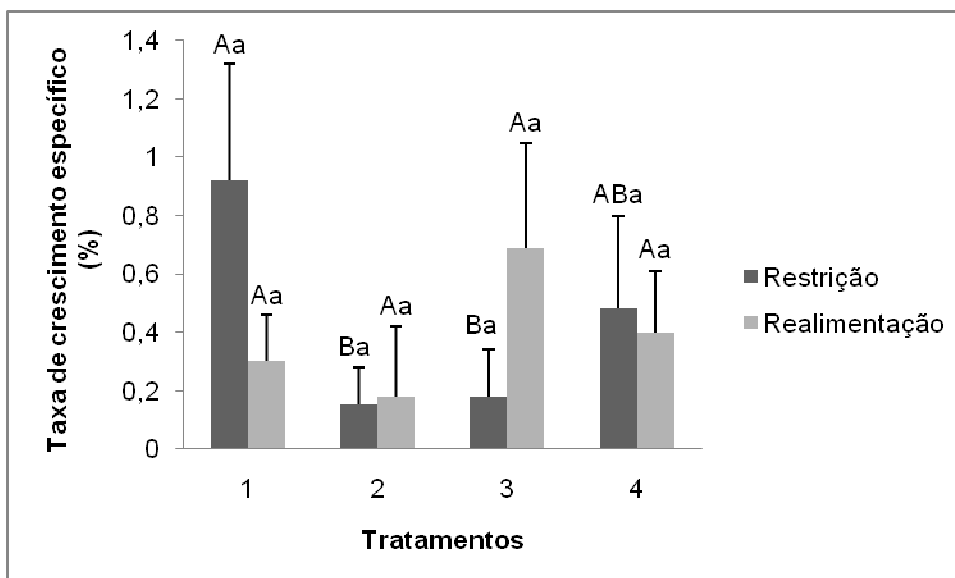


Figura 3. Taxa de crescimento específico dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Em relação ao consumo alimentar diário (CAD) (Figura 4), os peixes do Tratamento 1 apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) no período de restrição alimentar. O menor valor encontrado foi no Tratamento 3, no mesmo período. Houve diferença estatística ($p>0,05$) no tempo de amostragem nos Tratamentos 1 e 3.

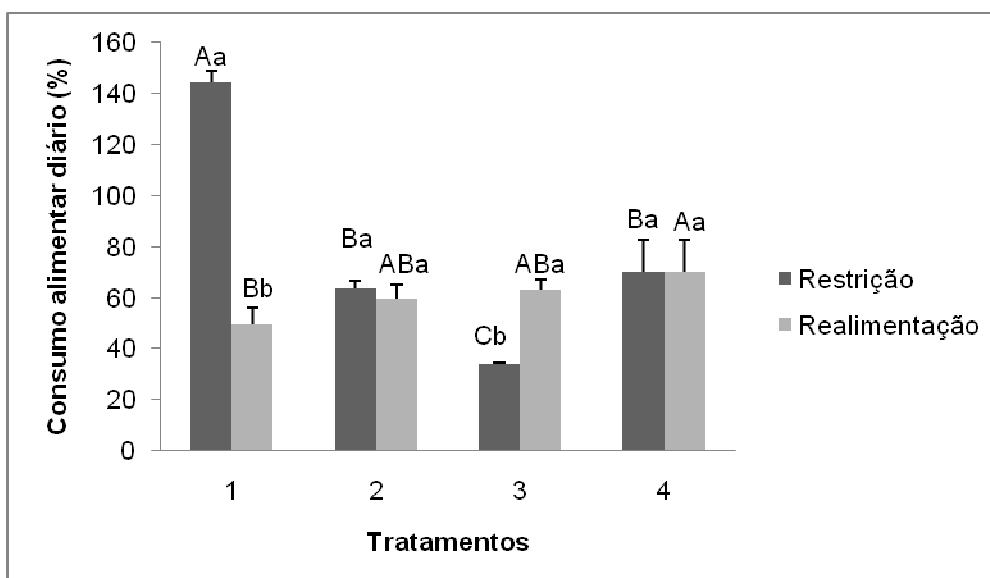


Figura 4. Consumo alimentar diário dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Não foram encontradas diferenças significativas ($p>0,05$) na conversão alimentar (CA), apesar do maiores valores numéricos no Tratamento 2, porém houve diferença significativa ($p<0,05$) no tempo de amostragem no Tratamento 3 (Figura 5).

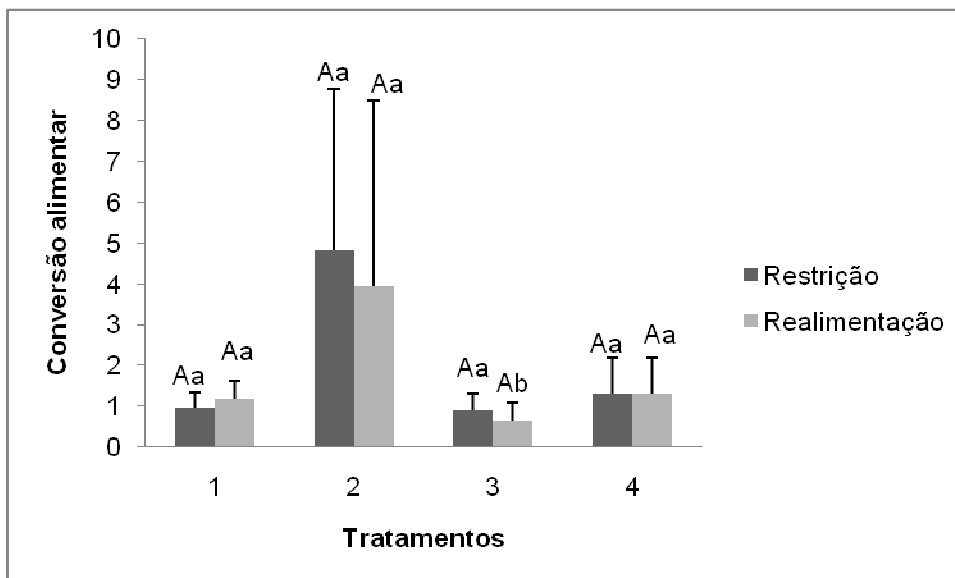


Figura 5. Conversão alimentar dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

O fator de condição (K) não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) entre tratamentos e tempo de amostragem (Figura 6).

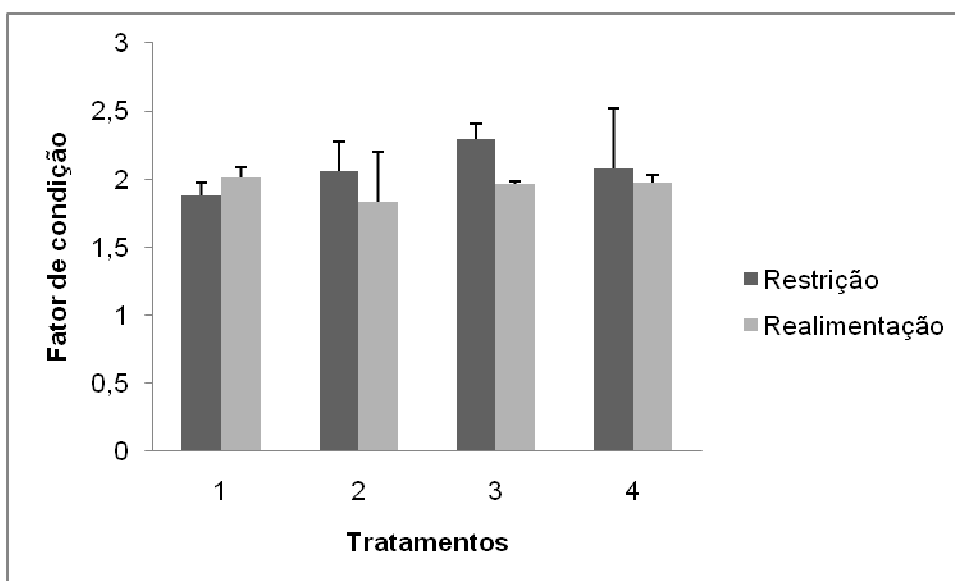


Figura 6. Fator de condição dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

4.1.2- Parâmetros do metabolismo intermediário

Todos os parâmetros avaliados mostraram diferença estatística entre tratamentos ($p<0,05$). As concentrações mais altas de triglicerídeos plasmáticos foram encontradas no período de restrição no Tratamento 1, diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos ($p<0,05$). Também houve diferença entre os períodos de amostragem ($p<0,05$). No período de realimentação, as médias de todos os tratamentos decaíram, comparadas às do período de restrição (Figura 7).

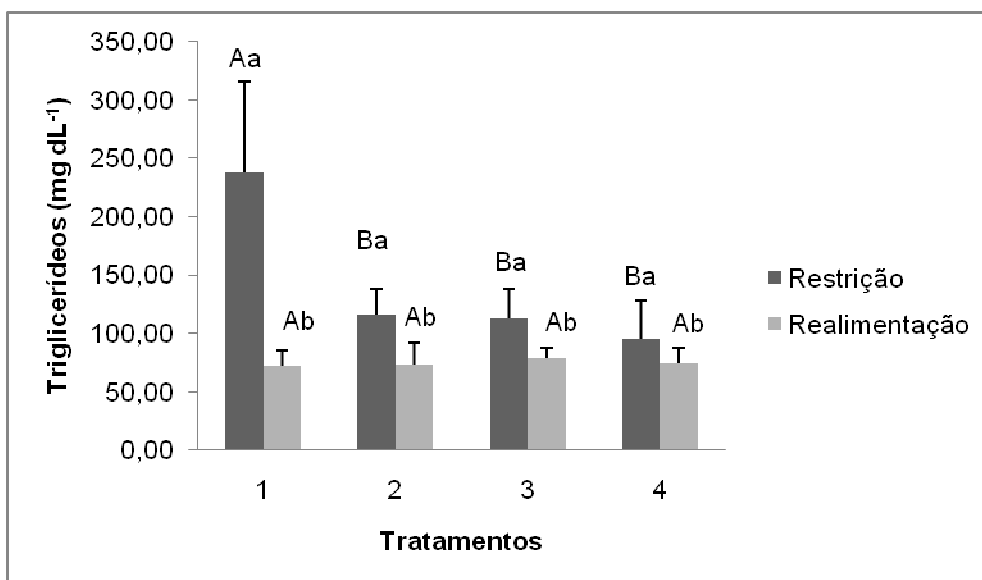


Figura 7. Triglicerídeos plasmáticos dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Na figura 8 observa-se a glicemia dos animais submetidos à restrição alimentar, seguida de realimentação. Houve aumento significativo ($p<0,05$) entre o tempo de amostragem. Também foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos.

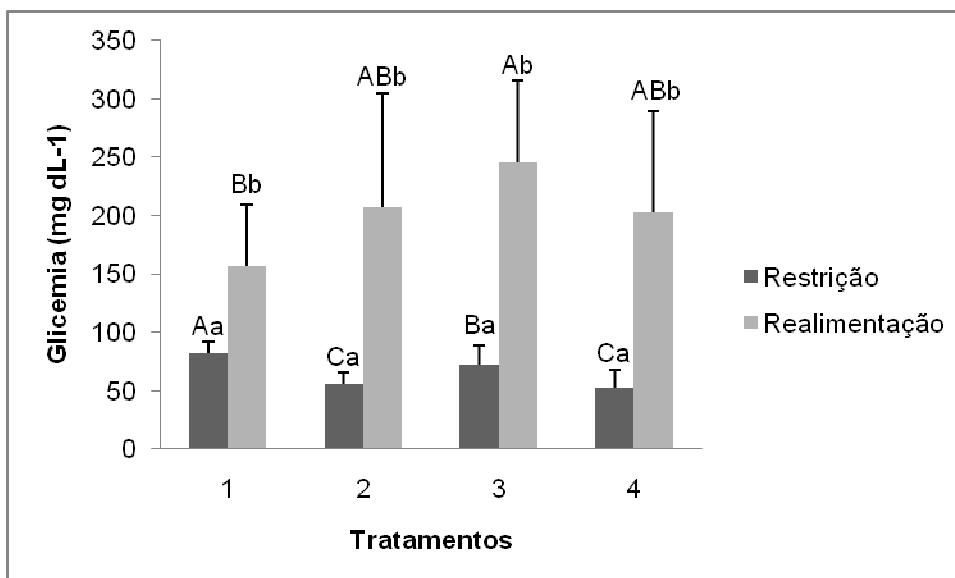


Figura 8. Glicemia dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Não houve diferença nas concentrações de proteína total entre os tempos de amostragem ($p>0,05$), mas foi observada diferença estatística ($p<0,05$) entre os tratamentos (Figura 9).

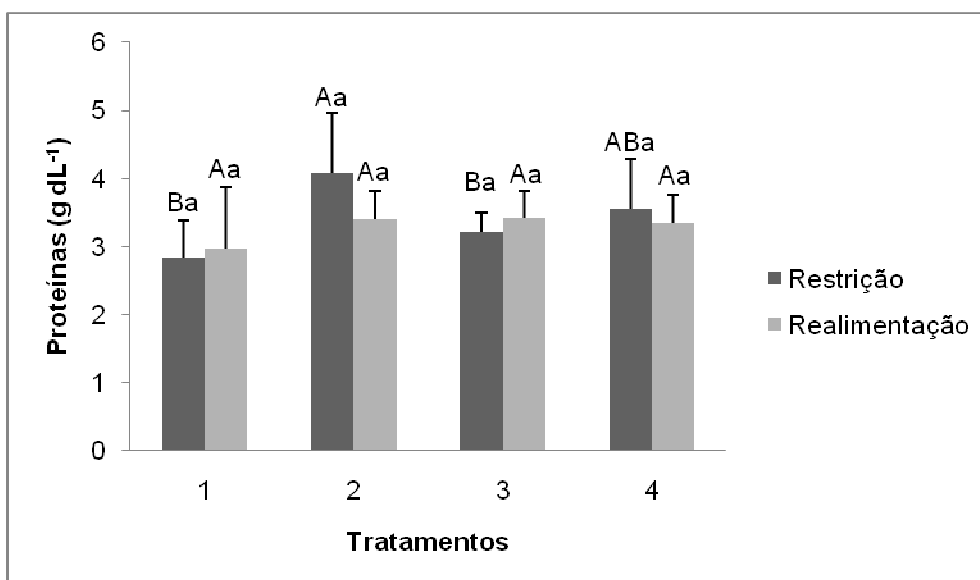


Figura 9. Proteínas totais dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

O glicogênio hepático diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre os tratamentos e tempos de amostragem no Tratamento 2. No período de restrição alimentar nota-se menores valores em todos os tratamentos, comparado ao período de realimentação (Figura 10).

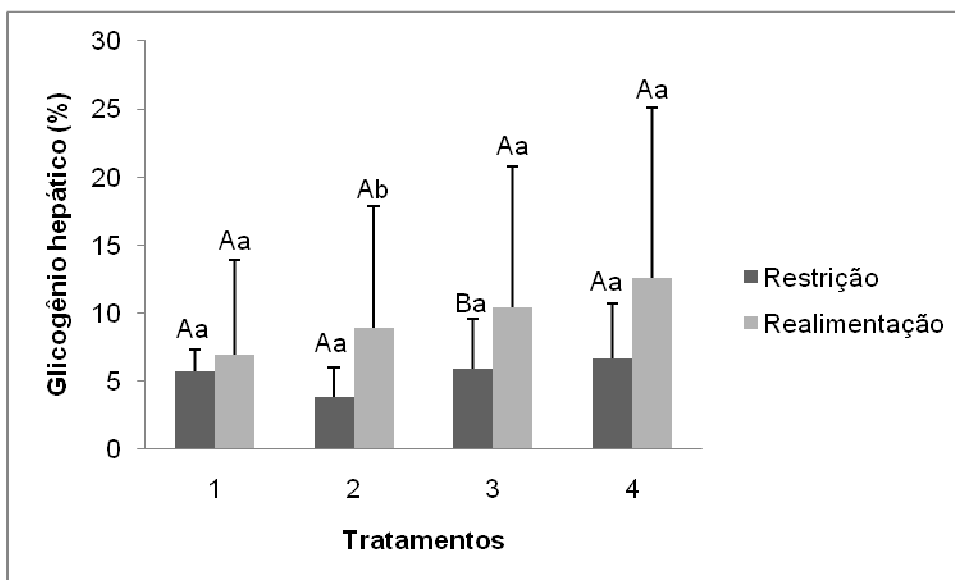


Figura 10. Glicogênio hepático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Já em relação ao lipídeo hepático foram encontradas diferenças significativas entre os tempos de amostragem ($p > 0,05$) no Tratamento 1, e entre tratamentos ($p < 0,05$). O Tratamento 1 apresentou maior valor no período de restrição alimentar, como mostra a Figura 11.

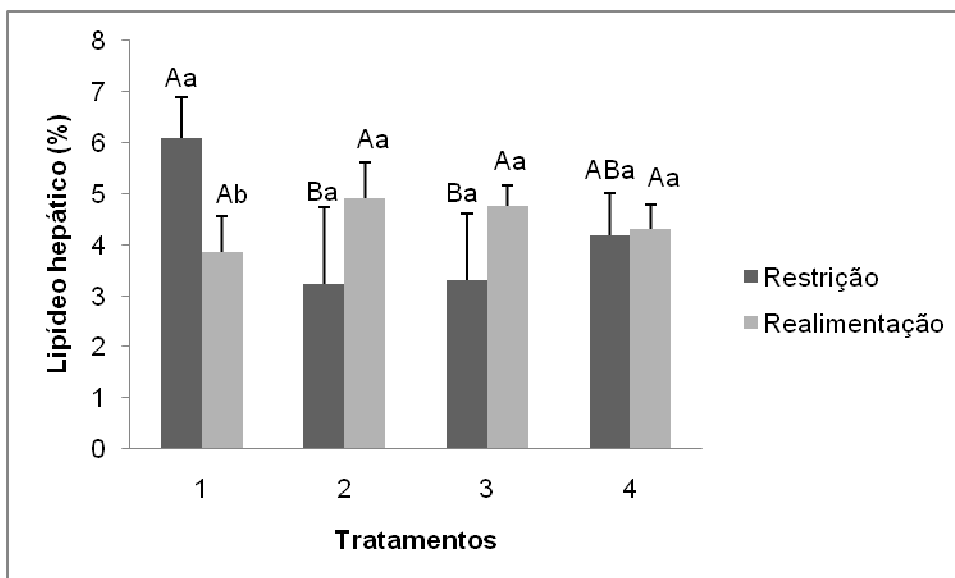


Figura 11. Lípido hepático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

4.1.3- Índices morfométricos

O índice hepato-somático apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), e tempos de amostragem nos Tratamentos 3 e 4. No período de realimentação ocorreram as maiores médias comparada com o período de restrição alimentar (Figura 12).

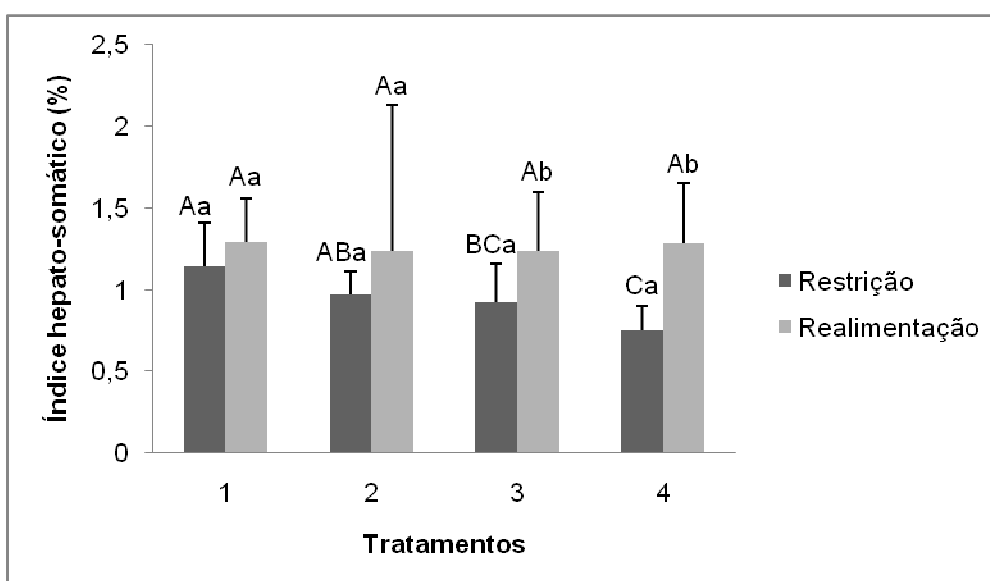


Figura 12. Índice hepato-somático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2

realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Na Figura 13 estão as médias do índice estomaco-somático cheio. Foram observadas diferenças significativas entre tratamentos e os tempos de amostragem ($p<0,05$). O tempo de amostragem que apresentou maiores médias foi o período de realimentação.

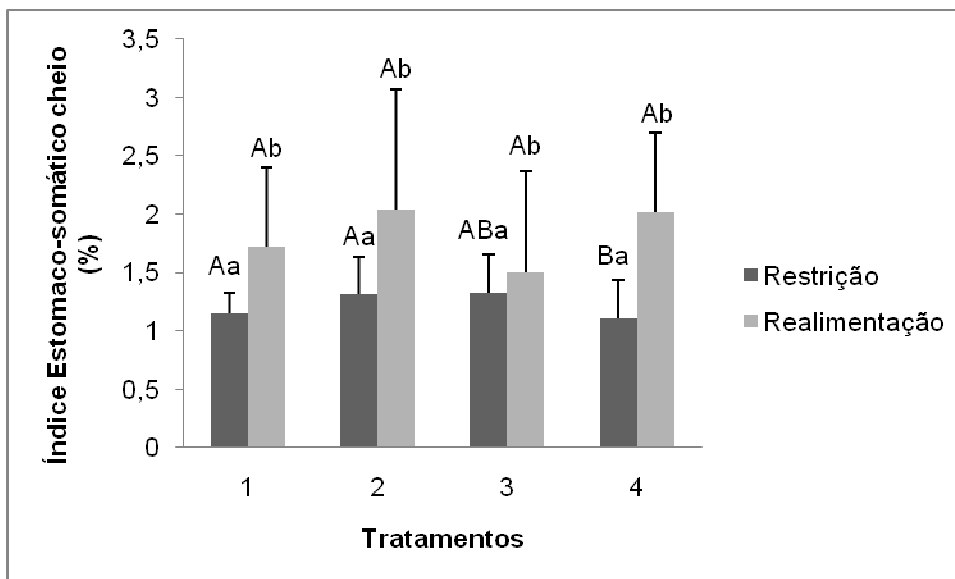


Figura 13. Índice estomaco-somático cheio dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

O índice intestino-somático cheio apresentou diferença estatística entre tratamentos ($p<0,05$), entretanto não foram observadas diferenças significativas entre os tempos de amostragem ($p>0,05$). As menores médias foram encontradas no Tratamento 1 e Tratamento 4, no período de restrição alimentar.

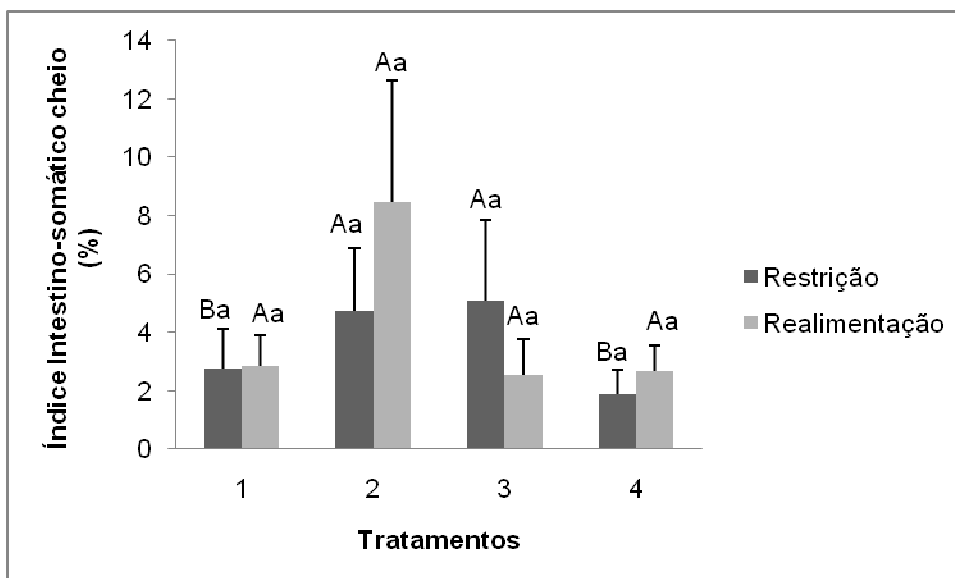


Figura 14. Índice intestino-somático cheio dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

As médias do índice gorduro-somático dos peixes dos tratamentos apresentaram diferença significativa ($p<0,05$). Foi encontrada diferença entre os tempos de amostragem ($p<0,05$) no Tratamento 3.

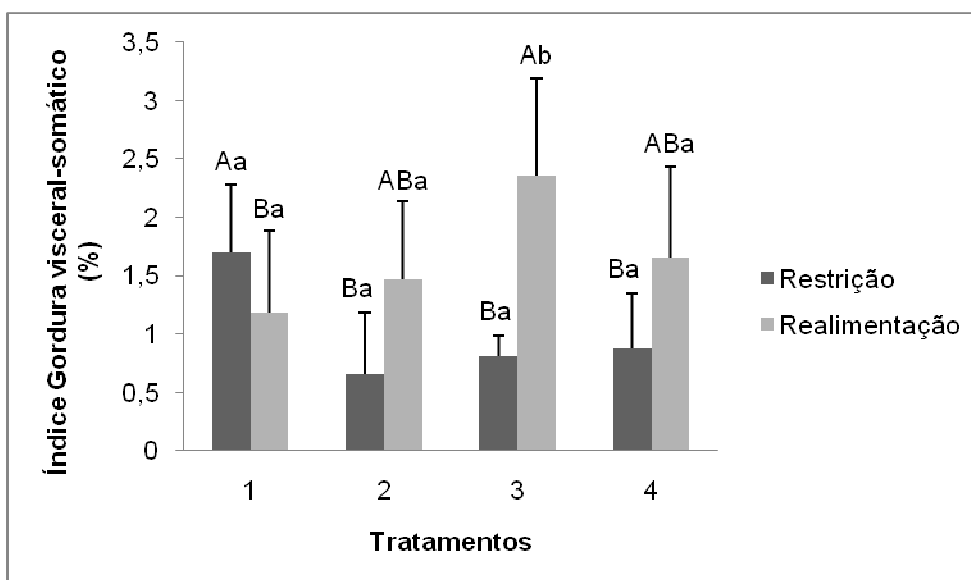


Figura 15. Índice gorduro-somático dos pacus submetidos à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

4.1.4- Parâmetros hematológicos e imunológicos

Os parâmetros sanguíneos avaliados na primeira fase experimental foram: porcentagem de hematócrito, número de eritrócitos, volume corpuscular médio das células do sangue, e concentração de hemoglobina. Todos apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). O hematócrito diferiu entre tratamentos e nos tempos de amostragem no Tratamento 3 ($p < 0,05$). Período de restrição teve as maiores médias, quando comparado com o período de realimentação (Figura 16).

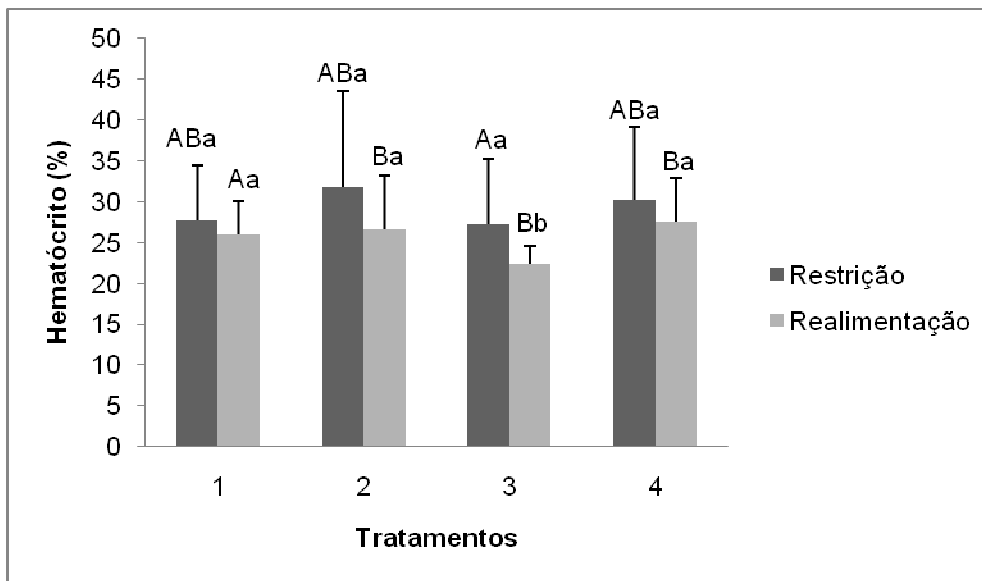


Figura 16. Porcentagem de hematócrito do sangue de pacu submetido à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Na Figura 17 estão ilustradas as médias do número de eritrócitos. Houve diferença significativa entre tratamentos e tempo de amostragem ($p < 0,05$), no Tratamento 1.

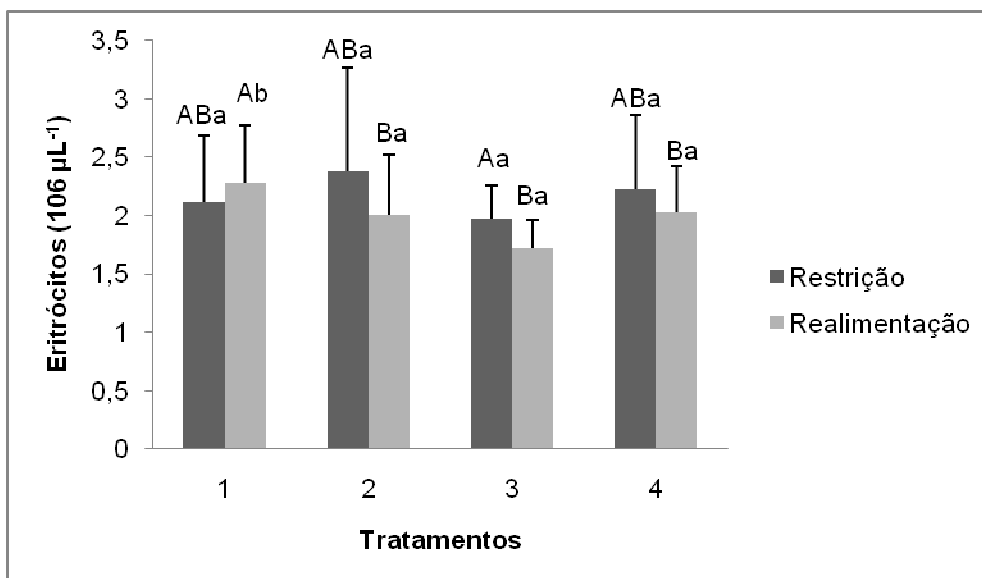


Figura 17. Número de eritrócitos de pacu submetido à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos e tempos de amostragem em relação ao volume corpuscular médio (VCM). Porém não foi observado um padrão entre os tempos de amostragem e tratamento, como mostra a Figura 18.

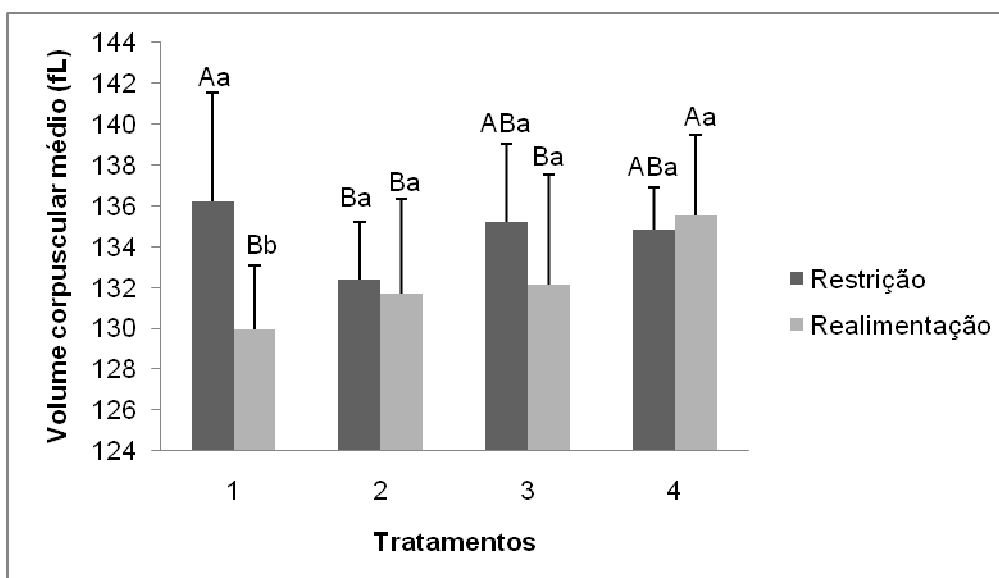


Figura 18. Volume corpuscular médio de eritrócitos de pacu submetido à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

A concentração de hemoglobina não apresentou diferença estatística entre os tempos de amostragem ($p>0,05$). Já em relação aos tratamentos foi observada diferença significativa ($p<0,05$). O Tratamento 1, tanto no período de restrição, quanto na realimentação, mostrou maiores valores numéricos comparado aos demais tratamentos (Figura 19).

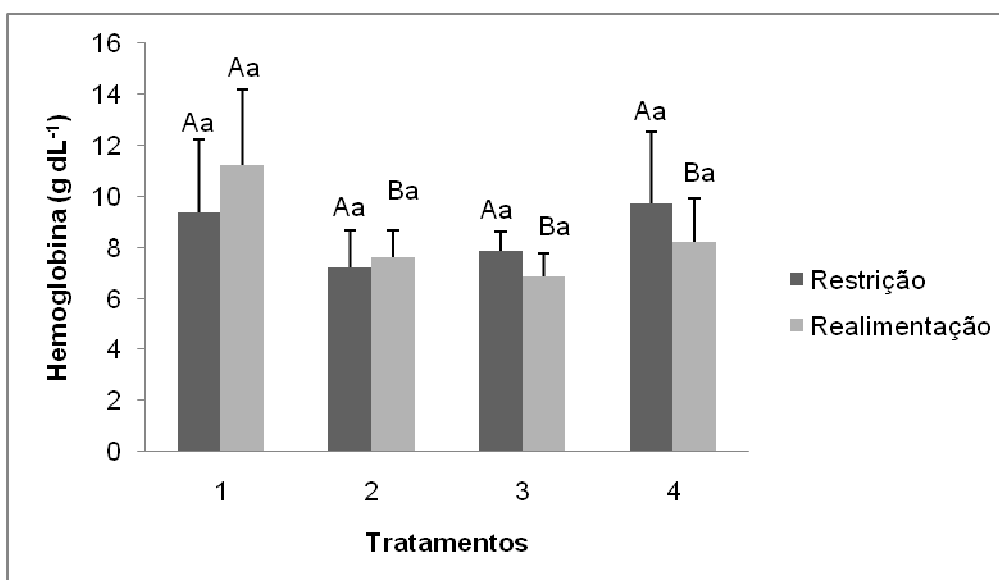


Figura 19. Concentração de hemoglobina no sangue de pacu submetido à restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Já nas análises imunológicas, o burst oxidativo só diferiu entre tratamentos ($p<0,05$). Os tempos de amostragem diferiram no Tratamento 2 ($p<0,05$) (Figura 20).

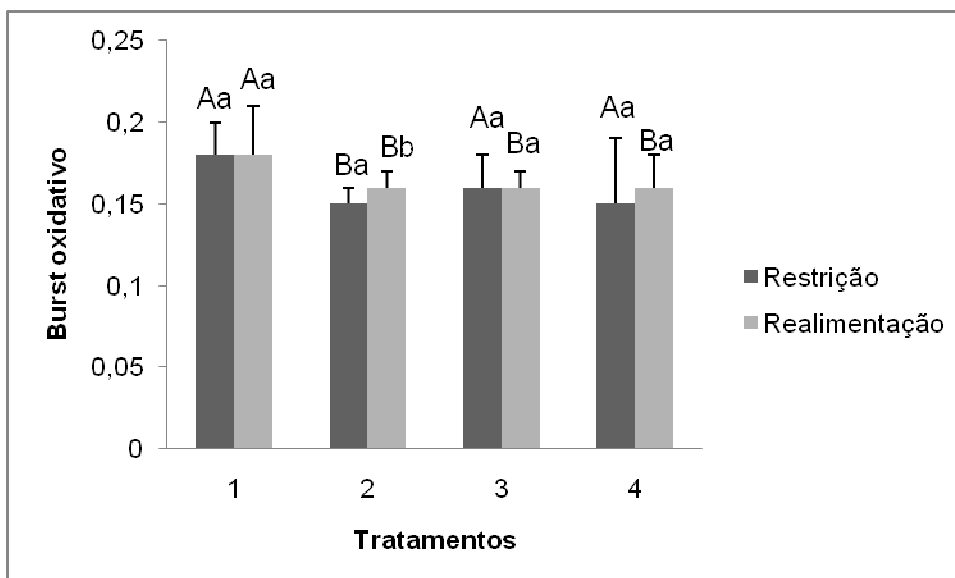


Figura 20. Análise da atividade dos leucócitos de pacu submetido a restrição alimentar e realimentação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, tratamentos amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

4.2- 2ª fase experimental

4.2.1- Parâmetros hematológicos e imunológicos

No segundo ensaio do presente estudo foram avaliados parâmetros hematológicos, imunológicos e metabólicos. Foram analisados três tempos de coleta: realimentação, transporte e recuperação. Na Figura 21 estão as médias do número de eritrócitos dos tratamentos. Houve diferença entre os tratamentos e tempos de amostragem ($p<0,05$).

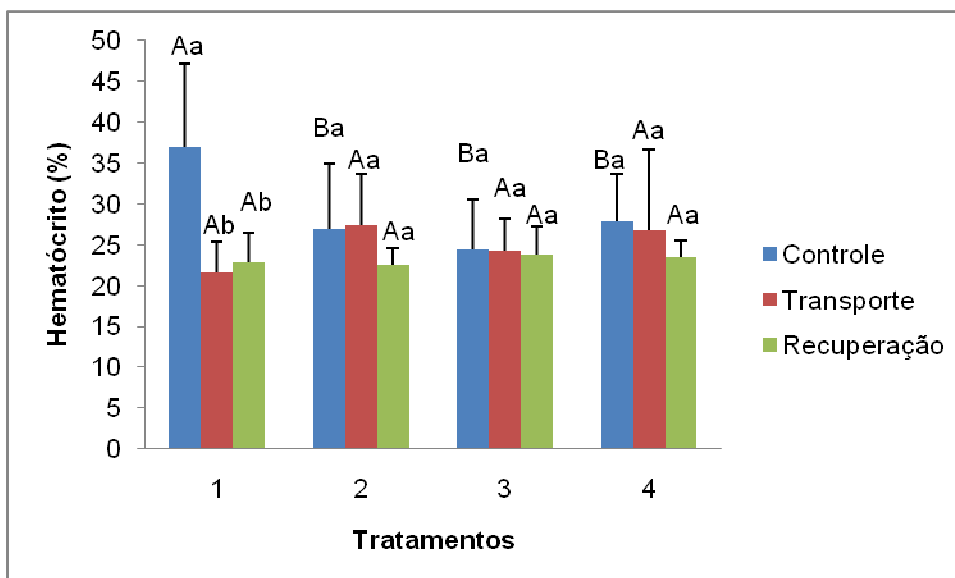


Figura 21. Porcentagem de hematócrito dos pacus após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Em relação ao número de eritrócitos, houve diferença significativa entre tratamento e tempos de coleta ($p<0,05$). Os valores do controle se diferiram do transporte e recuperação (Figura 22).

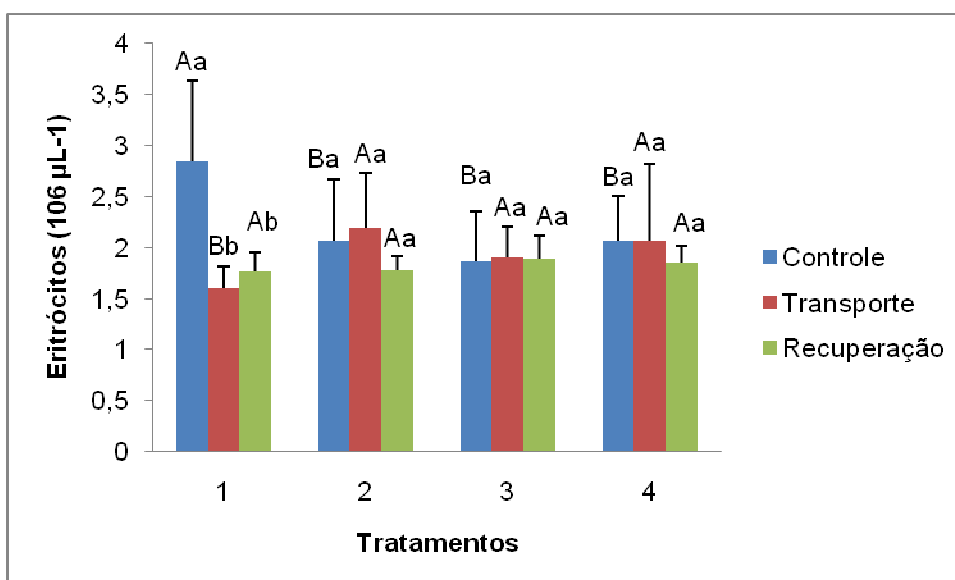


Figura 22. Número de eritrócitos dos pacus após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Na Figura 23 estão as médias do volume corpuscular na segunda fase experimental. Foram observadas diferenças estatísticas entre tratamentos e tempos de amostragem ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas no Tratamento 1.

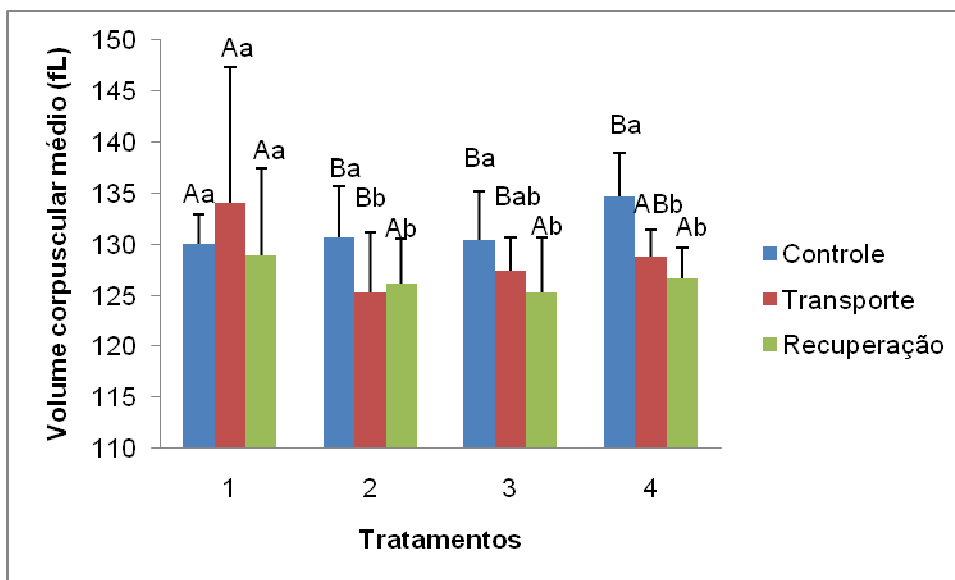


Figura 23. Volume corpuscular médio dos eritrócitos dos pacus após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

As médias da concentração de hemoglobina se comportaram da mesma forma que a porcentagem de hematócrito e número de eritrócitos. Houve diferença significativa entre tratamento e tempos de amostragem ($p < 0,05$), e novamente os valores da amostragem Controle, dentro do Tratamento 1, foram superiores (Figura 24).

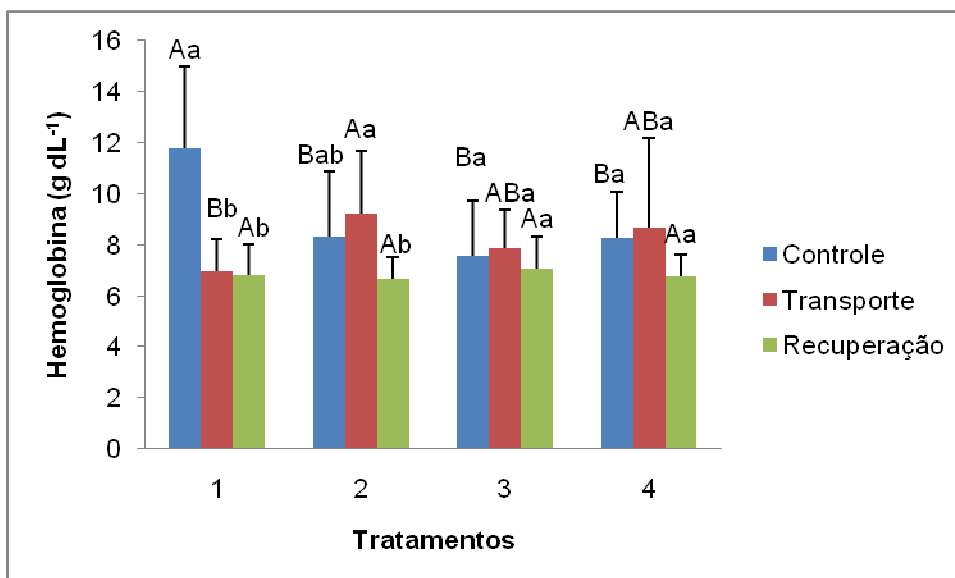


Figura 24. Concentração de hemoglobina dos pacus após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

Na análise de atividade de leucócitos, foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos e tempos de amostragem ($p<0,05$). Os valores aumentaram após o transporte, e no caso do Tratamento 4, continuaram a se elevar no período de recuperação (Figura 25).

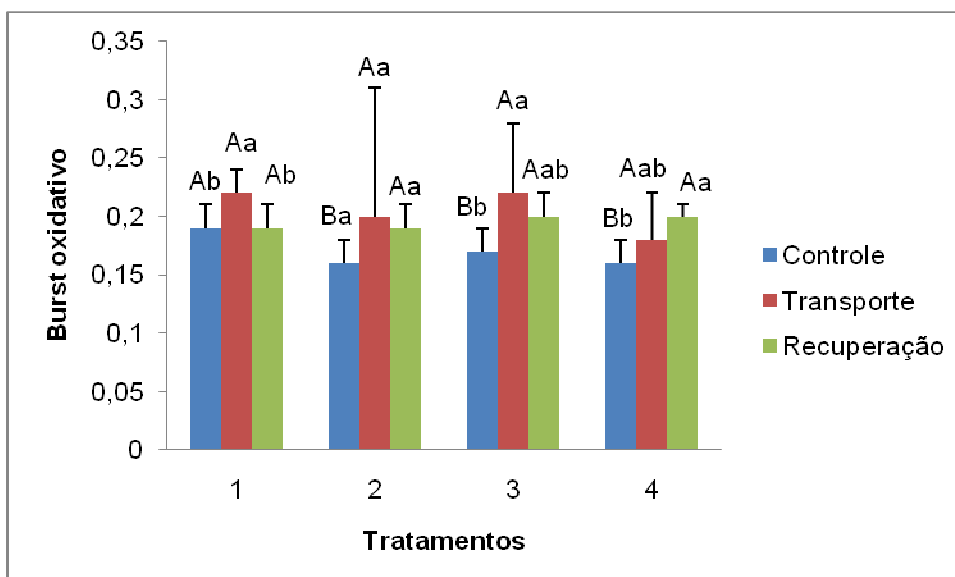


Figura 25. Análise da atividade dos leucócitos de pacu após-transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

4.2.2- Parâmetros metabólicos de estresse

Os níveis de glicose variaram de acordo com o tempo de amostragem. Foi encontrada diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos e tempos de amostragem (Figura 26). A glicemia diminuiu consideravelmente após o transporte dos animais.

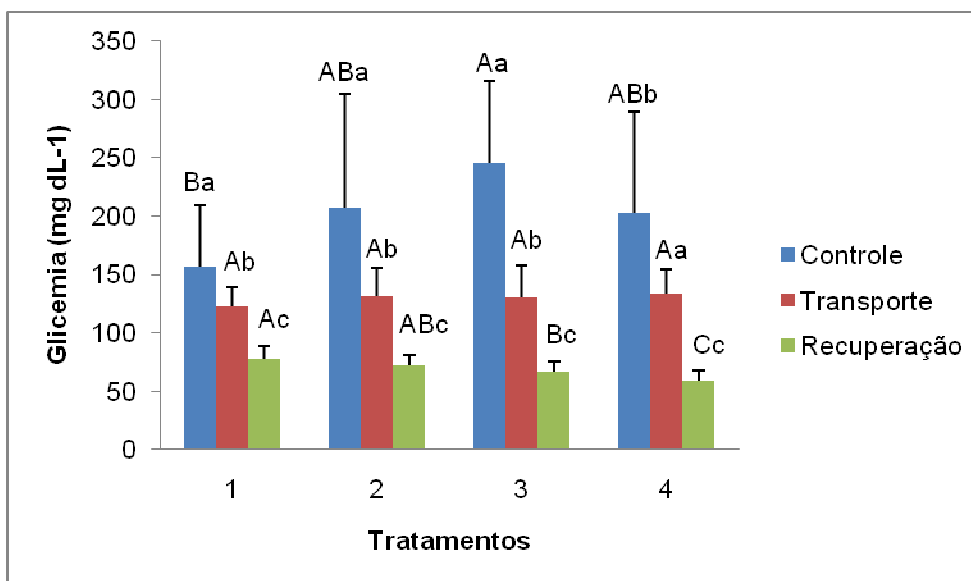


Figura 26. Análise de glicemia dos peixes após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

No caso do cloreto, foi observado o inverso da glicemia. Foram encontradas diferenças estatísticas ($p < 0,05$), entre tratamentos e tempos de amostragem. Entretanto, os níveis de cloreto sérico diminuíram quando os peixes foram submetidos ao manejo de transporte (Figura 27).

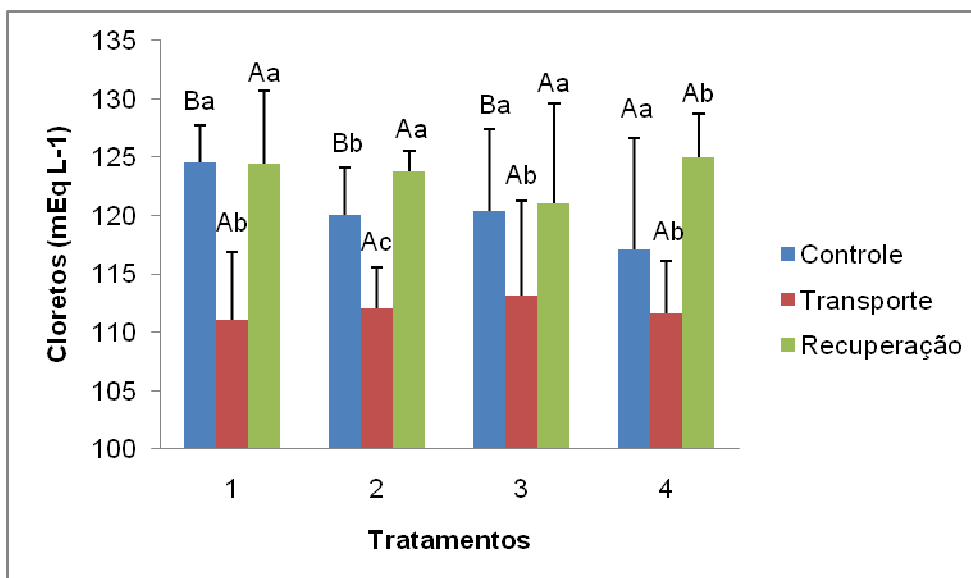


Figura 27. Análise de cloreto após o transporte e recuperação. Tratamento 1 (Controle), Tratamento 2 (2 semanas de restrição/2realimentação), Tratamento 3 (3 semanas de restrição/2 realimentação), Tratamento 4 (4 semanas de restrição/2 realimentação). Médias ($\pm$ desvio padrão). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de mesma amostragem e minúsculas, amostragens em cada tratamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

5- Discussão

Os resultados do presente estudo mostraram que os animais submetidos à restrição alimentar durante, duas, três e quatro semanas, e realimentados durante duas semanas, não apresentaram diferença nos parâmetros zootécnicos ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e fator de condição (K). Ao final do período de realimentação, pode-se afirmar que houve a compensação total de peso dos animais. Outros autores mostraram que o crescimento compensatório total pode ser alcançado em espécies nativas. Ituassu (2004), estudando crescimento compensatório de tambaquis, observou a compensação total do crescimento dos peixes submetidos à privação alimentar de até 14 dias. De acordo com Souza (2003), juvenis de pacu submetidos a diferentes ciclos de restrição alimentar e realimentação apresentaram o crescimento compensatório no período de realimentação.

Poucos são os trabalhos com espécies nativas que investigam o mecanismo do crescimento compensatório através da restrição alimentar. O crescimento compensatório total pode ser encontrado em espécies como o Bacalhau do Atlântico, *Gadus morhua* (Bélangier et al., 2002), robalo asiático, *Lates calcarifer* (Tian e Qin, 2003), trutas arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Nikki et al., 2004), carpa “gibel”, *Carassius auratus* e bagre chinês, *Leiocassis longirostris* (Zhu et al., 2004),

Cynoglossus semilaevis (Tian et al., 2010), “gilthead sea bream”, *Sparus aurata* (Bavcevic et al., 2010), e em *Pangasius bocourti* (Jiwyang, 2010).

Os dados do desempenho zootécnico como a conversão alimentar, ganho de peso e taxa de crescimento específico, ficaram próximos aos valores encontrados por Takahashi (2010), que adotou ciclos curtos de três dias de jejum com três dias de realimentação, não resultando no ganho de peso compensatório do pacu.

No presente estudo, não foi observada hiperfagia considerando o consumo alimentar diário (CAD), dos peixes dos Tratamento 1, 2 e 4, contrariando alguns trabalhos anteriores com crescimento compensatório (Jobling e Koskela, 1996; Rueda et al., 1998; Wang et al., 2000; Tian e Qin, 2003; Cui et al., 2006). Somente no Tratamento 3 houve um aumento no consumo no período de realimentação.

O fator de condição (K), índice que relaciona peso com o comprimento do animal, não foi afetado pelos tratamentos ou períodos de coleta (restrição e realimentação), diferentemente do encontrado por Gonçalves (2001), quando o fator de condição foi inferior nos pacus submetidos a 22 dias de jejum, quando comparados aos peixes que foram realimentados. Isso mostra que os peixes estavam com mesma condição corporal, durante todo o experimento.

Quanto aos parâmetros do metabolismo intermediário avaliados, a glicose, triglicerídeos, glicogênio e lipídeo hepático, e proteínas, foram afetadas pela restrição de alimento. O nível da glicemia dos animais que sofreram restrição alimentar se manteve abaixo, quando comparada com o período de realimentação. Segundo Blasco et al. (1991), existem três processos que podem explicar a manutenção de glicose: 1- diminuição geral do metabolismo; 2- mobilização do glicogênio, que ocorre quando uma grande demanda energética é produzida, como no início do jejum; 3- síntese de glicose a partir de substratos gliconeogênicos.

No estudo de Souza et al. (2000), não foram observadas diferenças significativas na glicemia entre os grupos continuamente alimentados e submetidos à restrição alimentar por longos períodos (60 dias), divergindo dos dados encontrados no presente estudo. Já Signor et al. (2009), em estudo com restrição alimentar de pacus cultivados em tanques-rede, a glicemia apresenta maiores níveis no tratamento com alimentação à vontade. Os valores médios da glicemia dos animais durante o período de restrição apresentaram diferença estatística, reafirmando a idéia de que a glicose circulante é um fator crítico em termos de exigência energética.

A diversidade de resultados quanto à resposta glicêmica ao jejum pode ser atribuída a diferentes fatores como: espécie, temperatura, migração, desova e condições nutricionais. Durante o jejum foi observada hipoglicemia em *Anguilla anguilla* (Larsson e Lewander, 1973), *Dicentrarchus labrax* (Zammit e Newsholme,

1979; Echevarría et al., 1997), *Gadus morhua* (Black e Love, 1986), *Perca flavescens* (Foster e Moon, 1991), *Cyprinus carpio* (Blasco et al., 1991) e *Salmo trutta fario* (Navarro et al., 1992). Já Sheridan e Mommsen (1991) observaram hiperglicemia em *Oncorhynchus kisutch* após uma semana de jejum, com estabilização dos níveis normais após três semanas.

Os valores de triglicerídeos encontrados no período de restrição alimentar foram maiores do encontrado no período de realimentação. Segundo Takahashi (2010) a elevada concentração de triglicerídeos nos peixes continuamente alimentados, em comparação aos grupos submetidos à restrição, sugere menor demanda e conseqüentemente menor velocidade de aproveitamento pelos tecidos nos peixes continuamente alimentados. A síntese de ácidos graxos é favorecida pela disponibilidade dos substratos, como derivados do metabolismo da glicose, e com isso a síntese de triglicerídeos, a forma usual de gordura armazenada, é também favorecida. O triglicerídeo formado é envolto no fígado, em partículas lipoprotéicas de densidade muito baixa, que seguem até os tecidos extra-hepáticos, como os tecidos adiposos e musculares (Ribeiro e Tsuzuki, 2010).

Não houve alteração do lipídeo hepático entre os períodos avaliados (restrição e realimentação). A mobilização do lipídio como fonte de energia, na restrição alimentar, é confirmada pelo aumento de ácidos graxos livres plasmáticos nos períodos mais prolongados de jejum, cujos níveis são restabelecidos na realimentação. Essa mobilização de lipídio envolve a quebra de triglicerídeos a ácidos graxos livres e glicerol liberado para a corrente sangüínea. Enquanto o ácido graxo livre é oxidado para produção de energia, o glicerol pode ser precursor gliconeogênico. Durante o jejum, o aumento de ácidos graxos livres circulantes inibe a utilização de glicose pelos tecidos periféricos e sua liberação pelo fígado (Collins e Anderson, 1995).

Também não foi encontrada diferença entre os períodos de coleta na proteína total. O Tratamento 1 apresentou os menores valores para esse parâmetros. A mobilização das proteínas também é uma maneira de manter os processos de vitalidade em peixes quando submetidos a períodos de restrição alimentar (Sheridan e Mommsen, 1991).

A reserva de glicogênio hepático dos animais submetidos à restrição aumentou significativamente quando foram realimentados durante duas semanas. No pacu, a reserva energética na forma de glicogênio hepático é rapidamente mobilizada no início da restrição alimentar, sendo restabelecida ou mantida durante períodos mais prolongados de jejum à custa de outras reservas energéticas como a gordura visceral,

sendo rapidamente recuperada na realimentação à valores superiores aos animais continuamente alimentados (Souza, et al., 2000; Gonçalves 2001; Takahashi, 2010).

Todos os índices morfométricos apresentaram diferença significativa. No índice hepato-somático não houve diferença entre tratamentos, entretanto foram encontradas diferenças entre os tempos de amostragem (restrição e realimentação). Maiores valores foram encontrados no período de realimentação dos peixes. Gonçalves (2001) observou redução do IHS aos 15 dias de jejum, sendo estes valores mantidos até o 22 dias. Essa redução no índice foi acompanhada pela diminuição nos valores de lipídeo hepático e possivelmente glicogênio hepático, indicando que o organismo acionou os processos de glicogenólise e gliconeogênese.

Souza et al. (2002) encontrou uma rápida diminuição no IHS dos juvenis de pacu durante a restrição alimentar de 4 e 6 semanas. Quando realimentados esses estoques foram restabelecidos. Entretanto, Nikki (2004) estudou juvenis de truta arco-íris submetido a 2, 4, 8 e 14 dias de jejum e realimentados até que a ingestão de alimento fosse igual a do controle, não foram observadas diferenças significativas no IHS ou na quantidade de gordura visceral.

Segundo Takahashi (2010), o tecido adiposo do mesentério é um importante sítio de estoque de energia para o pacu. No presente trabalho foram encontradas diferenças no índice gordura-visceral somática entre o período de restrição e realimentação. Houve um aumento nesse índice no período de realimentação, exceto no Tratamento 1, alimentado durante todo o experimento, no qual os valores diminuíram. Gonçalves (2001) observou significativa redução no IGVS de pacu aos 15 dias de jejum e recuperação após 29 dias de realimentação. Já Souza et al. (2002), observaram redução desse índice em restrição alimentar de 4 e 6 semanas, com valores semelhantes dos peixes continuamente alimentados após 9 e 7 semanas de ciclos de restrição e realimentação.

Os índices estômago e intestino-somático mostram a capacidade do trato gastro-intestinal dos animais. No índice estômago-somático cheio (IESc) houve diferença entre a restrição e a realimentação. Durante a realimentação foram encontrados maiores valores em todos os tratamentos, comparado com os tratamentos da restrição alimentar. Os resultados nesses índices mostram a atrofia do trato no período de restrição alimentar.

No presente estudo, os parâmetros sanguíneos apresentaram diferença significativa entre tratamentos e tempo de amostragem. Somente o volume corpuscular médio (VCM) e porcentagem de hematócrito (HCT), foram observadas diferenças entre tempo de amostragem (restrição e realimentação). No período de realimentação os valores encontrados foram inferiores quando comparados à restrição

alimentar. Os parâmetros sanguíneos do presente estudo diferem dos encontrados por Tavares-Dias e Mataqueiro (2004) para o pacu. Entretanto esses valores não indicam nenhuma alteração negativa no seu estado de higidez. Segundo Tavares-Dias et al. (2003) a concentração de hemoglobina para peixes saudáveis é de 10 g/100 dL, concordando com o presente estudo, entretanto pode variar em deficiências nutricionais, espécie, condições ambientais, fase de crescimento (Post, 1987) e estação do ano (Lochmiller et al., 1989).

Houve diferença entre tratamentos na análise de burst oxidativo, porém não foram significativas nos diferentes tempos de amostragem. Os peixes que sofreram restrição alimentar, seguida de realimentação não sofreram imunossupressão.

Os parâmetros que avaliam o estresse e higidez dos animais no segundo ensaio do presente estudo são as variáveis sanguíneas (hematócrito, volume corpuscular médio, hemoglobina, e número de eritrócitos), glicemia, cloreto e burst oxidativo. O hemograma apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina (HGB) e número de eritrócitos (ERI). Os valores encontrados diferem dos valores encontrados na literatura para juvenis de pacu (Takahashi, 2010).

Na resposta respiratória dos leucócitos (burst oxidativo) houve diferença entre tratamento e tempo de amostragem, ou seja, os animais responderam ao manejo de transporte, elevando suas respostas imunológicas no período de transporte e mantendo ou elevando suas respostas imunológicas durante o período de recuperação. Diferentemente do acontecido com o burst oxidativo, os níveis de glicose se alteraram pós-transporte e depois de 72 horas, ocorreu diminuição significativa. Após manejos estressantes, devido à ação da glicogenólise acarretada pelo cortisol circulante, geralmente encontram-se níveis mais elevados de glicose no sangue, comparado aos níveis basais (Davis et al., 2003; Barton et al., 2002).

As elevações das catecolaminas após períodos de estresse aumentam a permeabilidade das brânquias, o que pode diminuir a concentração plasmática de íons, como sódio e cloreto, alterando a homeostase hidroeletrolítica sanguínea (Eddy, 1981). Os teores de cloreto aumentaram no período de recuperação, comparados a amostragem pós-transporte, indicando alteração da homeostase hidroeletrolítica dos peixes.

O manejo de restrição alimentar, seguida de realimentação não comprometeu as respostas fisiológicas frente ao estresse de transporte. A restrição de três semanas, seguida de duas semanas de realimentação apresentou melhores resultados no GP, TCE, CAD, CA, IISc, IESc, e discreta hiperfagia, destacando-se entre os outros tratamentos.

6- Conclusão

A restrição alimentar de 2, 3 e 4 semanas, seguida de 2 semanas de realimentação, nas condições de campo descritas, resultou crescimento compensatório total em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), e revelou ser um manejo eficaz, que não prejudica o estado de higidez dos animais.

7- Referências bibliográficas

ALI, M.; WOOTTON, R.J. Capacity for growth compensation in juvenile three-spined sticklebacks experiencing cycles of food deprivation. **J. Fish Biol.**, v.58, p.1531-1544, 2001.

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

ANDERSON, D.P; SIWICKI, A.K. Basic haematology and serology for fish health programs. In: Shariff, M.: Arthur, J.R.: Subasinghe, R.P. (Ed.) **Diseases in Asian Aquaculture II**. Manila: Fish Health Section, Asian Fisheries Society, p. 185-202, 1995.

ANGELINI, R., CANTELMO, O.A., PETRERE Jr., M. Determinação da taxa de consumo de ração pelo pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, com diferentes tamanhos e sob distintas temperaturas. **Bol. Téc. CEPTA**, v. 5, p. 11-22, 1992.

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of cortivosteroids. **Annu. Rev. Fish Dis.**, v.1, p.3-26, 1991.

BARTON, B.A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integ Comp Biol**, v.42, p.517-525, 2002.

BASTROP, R.; SPANGENBERG, R.; JURSS, K. Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. **Comp. Bioc. and Phys. – Part A: Mol. & Int. Phys.**, v.98, p.143-149, 1991.

BAVCEVIC, L.; KLANJSCEK, T.; KARAMARKO, V.; ANICIC, I.; LEGOVIC, T. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. **Aquaculture**, v. 301, p. 57-63, 2010.

BÉLANGER, F.; BLIER, P. U.; DUTIL, J. D. Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Fish Physiol. and Biochem.**, Netherlands, v. 58, p. 1531-1544, 2002.

BERNARDINO, G.; FERRARI, V.A. Efeitos do uso da ração comercial no desempenho do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 em cativeiro. **Bol. Téc. do CEPTA**, v.2, p.19-33, 1989.

BERNSTEIN, R.M.; SCHLUTER, S.F.; MARCHALONIS, J.J. Immunity. In: EVANS, D.H. **The physiology of fishes**. 2ed. Boca Raton: CRC Press, 1998. p.215-242.

BLACK, D., LOVE, R.M. The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. **J. Comp. Physiol.** 156, 469-479. 1986.

BLASCO, J.; FERNANDEZ, J.; GUTIERREZ, J. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acid levels, *Cyprinus carpio* L., 1758. **J. Fish Biol.**, v.38, p.587-598, 1991.

BLIGH, E.G., DYER, W.J. Rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** 37, 911-917. 1959.

BLY, J.E.; CLEM, L.W. Temperature adaptation of lymphocyte function in fish. In: COSSINS, A.R. (Ed.). Temperature adaptation of biological membranes, London: Portland Press, 1994. p.169-184.

BLY, J.E.; QUINIOU, S.M.A.; CLEM, L.W. Environmental effects of fish immune mechanisms. In: GUDDING, R.; LILLEHAUG, A.; MIDTLYNG, P.J. (Ed.). Fish vaccinology. Basel: Karger, 1997. p.33-43.

BOLS, N.C.; BRUBACHER, J.L.; GANASSIN, R.C; LEE, L.E.J. Ecotoxicology and innate immunity in fish. **Develop. and Comp. Immuno.**, v.25. p. 853-873, 2001.

BORGHETTI, J.R.; CANZI, C. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. **Aquaculture**, v.114, p.93-101, 1993.

BUTT, D.; ALADAILEH, S.; O'CONNOR, W.A.; RAFTOS, D.A. Effect of starvation on biological factors related to immunological defence in the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*). **Aquaculture**, v.264, p.82-91, 2007.

CARROL, N.V.R.; LONGLEY, W.; ROE, J.N. The determination of glycogen in liver and muscle by use anthrone reagent. **J. Biol., Chem.**, v. 20, p, 583-593

CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J.E.P. **Piscicultura nos trópicos**. São Paulo: Manole, 1986. 154p.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP. 1992. 189p.

CHABALIN, E.; FERRAZ DE LIMA, J.A. Análise econômica de um cultivo intensivo de pacu (*Colossoma mitrei*) no Centro-Oeste do Brasil. **Bol. Téc. do CEPTA**, v.1, p.1-68, 1988.

CHAPPAZ, R.; OLIVART, G.; BRUN, G. Food availability and growth rate in natural populations of the brown trout (*Salmo trutta*) in Crsican streams. **Hydrobiol, Iztapalapa**, v. 331, p. 63-69, 1996.

CHATAKONDI, N.G.; YANT, R.D. Application of compensatory growth to enhance production in channel catfish *Ictalurus punctatus*. **J. World Aquac. Soc.**, v.32, n.3, p.278-285, 2001.

CHO, S.H.; LEE, S.M.; PARK, B.H; JI, S.C.; LEE, J.; BAE, J.; OH, S.Y. Compensatory growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* L. and changes proximate composition and body condition indexes during fasting and after refeeding in summer season. **J. World Aquac. Soc.** v.37, n.2, p.168-174, 2006.

COLLINS, A. L.; ANDERSON, T. A. The regulation of endogeneous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. **J. Fish Biol.**, v. 47, p. 1004-1015, 1995.

CUI, Z. H.; WANG, Y.; QIN, J. G. Compensatory growth of group-held gibel carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), following feed deprivation. **Aquac. Res.**, Oxford, v. 37, p. 313-318, 2006.

DAVIS, K.B.; GRIFIN, B.R.; GRAY, W. Effect of dietary cortisol on resistance to infection by *Ichthyophthirius* and mortality due to channel catfish virus. **Aquaculture**, v.115, p.133-143. 2003.

DOBSON, S.H. e HOLMES, R.M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **J. Fish Biol.** v.25, p.649-656, 1984.

ECHEVARRÍA, G.; MARTÍNEZ-BEBIÁ, M., ZAMORA, S. Evolution of biometric índices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 118A, n. 1, p. 111-123, 1997.
ENANE, N.A.; FRENKEL, K.; O'CONNOR, J.M.; SQUIBB, K.S.; ZELIKOFF, J.T. Biological markers of macrophage activation: applications for fish phagocytes. **Immunology**, v.80, p.68-72, 1993.

EROLDOGAN, O.T.; KUMLU, M.; SEZER, B. Effects of starvation and re-alimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. **Aquac. Res.** V.37, p.535-537, 2006a.

FERRARI, V.A.; LUCAS, A.F.B.; GASPAR, L.A. Monocultura de pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, em condições de viveiro-estufa. **Bol. Téc. do CEPTA**, v.3, p.33-42, 1990.

FERRAZ DE LIMA, J.A.; FERRARI, V.A.; COLARES DE MELO, J.S. et al. Comportamento do pacu, *Colossoma mitrei*, em cultivo experimental, no Centro-Oeste do Brasil. **Bol. Téc. do CEPTA**, v.1, p.15-28, 1988.

FOSTER, D. G.; MOON, T. W. Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca flavescens*): A study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. **Physiol. Zool.**, Chicago, v. 64, n. 1, p. 259-275, 1991.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2007. Database on Introductions of Aquatic species. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/website/SwapLang.do?language=en&page=%2FFIRetrieveActio>

n.do%3Fdom%3Dcollection%26xml%3Ddias.xml%26xp_nav%3D1>. Acesso em: 05 jan. 2007.

FU, C.; LI, D.; HU, W.; WANG, Y.; ZHU, Z. Fast-growing transgenic common carp mounting compensatory growth. **J. Fish Biol**, v.71, p.174-185, 2007.

GAYLORD, T.G. e GATLIN, D.M. Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. **J. World Aquac. Soc.**, v.31, n.3, p.326-336, 2000.

GODDARD, S. Feed management in intensive aquaculture. Chapman & Hall, Newfoundland, Canada, 1996.

GONÇALVES, F.D. Metabolismo energético e desempenho produtivo de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista – Centro de Aquicultura da UNESP, 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura).

HAYWARD, R.S.; NOLTIE, D.B.; WANG, N. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. **Trans. Amer. Fish. Soc.**, v.126, p.316-322, 1997.

HAYWARD, R.S.; WANG, N. Failure to induce over-compensation of growth in maturing yellow perch. **J. Fish Biol.**, v.59, p.126-140, 2001.

HEPHER, B. **Nutrition of ponds fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 387, 1988.

HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; GÉRARD, O.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Dom. Anim. Endoc.**, v.19, p.121-132, 2000.

ITUASSÚ, D.R.; SANTOS, G.R.S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004.

JOBLING, M.; MELOY, O. H.; SANTOS, J. D.; CHRISTIANSEN, B. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. **Aquac. Inter.** v. 2, p. 75-90, 1994.

JOBLING, M. e KOSKELA, J. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. **J. Fish Biol.**, v.49,p.658-667, 1996.

JOBLING, M.; E JOHANSEN, S.J.S. The lipostat, hyperphagia and catch-up growth. **Aquac. Res.**, v.30,p.473-478, 1999.

JIWYAM, W. Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocurti* Sauvage, 1880 relative to ration, **Aquaculture**, v. 306, p. 393-397, 2010.

KANKANEN, M.; PIRHONEN, J. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. **Aquaculture**, v.288, p.92-97, 2009

KIEFFER, J.D.; TUFTS, B.L. Effects of food deprivation on white muscle energy reserves in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): the relationships with body size and temperature. **Fish Phys. and Bioc.**, v.19, p.239-245, 1998.

LARSSON, A., LEWANDER, K. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 44A, p. 367-374, 1973.

LOCHMILLER, R. L.; WEICHMAN, J. D.; ZALE, A. V. Hematological assessment of temperature and oxygen stress in a reservoir population of striped bass (*Morone saxatilis*), **Comp. Bioch. And Physiol.**, v. 93A, p. 535-541, 1989.

MACKENZIE, D.; VANPUTTE, C. e LEINER, K. Nutrient regulation of the endocrine function in fish. **Aquaculture**. v.161, p.3-25, 1998.

MELÁRD, C.; BARAS, E.; DESPREZ, D. Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE 4, vol. 1, 1997, Orlando. Proceedings... Orlando: NRAES, 1997. P.178-185.

MEHNER, T.; WIESER, W. Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). **J. Fish. Biol.**, v. 45, p. 325-333, 1994.

MIGLAVS, I.; JOBLING, M. Effects of feeding regime on food-consumption, growth-rates and tissue nucleic-acids in juvenile arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. **J. Fish Biol.**, v.34, p.947-957, 1989.

MOON, T.W., WALSH, P.J., MOMMSEN, T.P. Fish hepatocytes: A model metabolic system. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 42, p. 1772-1782, 1985.

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

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; PLANAS, J. Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in Brown trout (*Salmo trutta fario*) during two different seasons of year. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 102A, n. 2, p. 401-407, 1992.

NICIEZA, A.G.; METCALFE, N.B. Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: Responses to depressed temperature and food availability. **Ecology**, v.78, p.2385-2400, 1997.

NIKKI, J.; PIRHONEN, J.; JOBLING, M.; KARJALAINEN, J. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. **Aquaculture**, V.235, P.285-296, 2004.

O'DONOVAN, P.B. Compensatory gain in cattle and sheep. **Nutr. Abstr. Rev.**, 54(8):389-410. 1984.

OLSEN, R.E.; SUNDELL, K.; RINGO, E.; MYKLEBUST, R.; HEMRE, G.I.; HANSEN, T.; KARLSEN, O. The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua* L. **Aquaculture**, v.280, p.232-241, 2008.

PAUL, A.J.; PAUL, J.M.; SMITH, R.L. Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. **J. of Fish Biol.**, v.46, p.442-448, 1995.

POST, G. **Fish Health**, T. F. H. Publications, p. 37-41, 1987.

QIAN, X.; CUI, Y.; XIONG, B.; YANG, Y. Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation. **J. Fish Biol.**, v.56, p.228-232, 2000.

QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C.; SCORVO FILHO, J.D.; CYRINO, J.E.P.; CASTAGNOLLI, N.; VALENTI, W.C.; BERNARDINO, G. Aquaculture in Brazil: research priorities and potential for further international collaboration. **World Aquaculture Magazine**, v.36, p.45-50, 2005

QUINTON, J. C. & BLAKE, R. W. The effect of feed eyeling and ration level on the compensatory growth-response in rainbow-trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Fish Biology**. v. 37, p. 33-41, 1990.

RIBEIRO, F.F.; TSUZUKI, M.Y. Compensatory growth responses in juvenile fat snook, *Centropomus parallelus* Poey, following food deprivation. *Aquaculture Research*, v. 41, p. 226-e233, 2010.

ROITT, I.; BROSTOFF, J.; MALE, D. **Immunology**. 5^o ed. London, Mosby. 423p. 1998.

RUEDA, F.M.; MARTINEZ, F.J.; ZAMORA, S.; KENTOURI, M.; DIVANACH, P. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. **Aquac. Res.**, v.29, p.447-452, 1998.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutr. Abstr. Rev.**, Series B, 60(10):653-664. 1990.

SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1229-1236, 1997.

SEALEY, W.M.; DAVIS, J.T.; GATLIN III, D.M. **Restricted regimes increase production efficiency in channel catfish**. SRAC publication, Auburn, 5p., 1998.

SELYE, H. Homeostasis and heterostasis. Perspect. **Biol. Méd.**, v.16, p.441-445, 1973.

SHERIDAN, M.A.; MOMMSEN, T.P. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **Gen. Comp. Endocrinol.**, v. 81, p. 473-483, 1991.

SHIMENO, S.; KHEYALI, D.; TAKEDA, M. Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 56, n. 1, p. 35-41, 1990.

SHOEMAKER, C.A.; KLESIUS, P.H.; LIM, C. Immunity and Disease Resistance in Fish. In: LIM, C.; WEBSTER, C.D. **Nutrition and Fish Health**. New York: Food Products Press, 2001. p.149-162.

SIROL, R.N.; SALARO, A.L.; ANDRADE, D.R. Diferentes condições nutricionais de alevins de tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), submetidos à inanição. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 2000, não paginado, CD-ROM. Artigos. Nutrição – 12.

SOUZA, V.L. Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no metabolismo de pacus juvenis (*Piaractus mesopotamicus*). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1994. 163 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

SOUZA, V.L. Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no crescimento e metabolismo energético de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista – Centro de Aquicultura da UNESP, 1998. 114 p. Tese (Doutorado em Aquicultura).

SOUZA, V.L.; OLIVEIRA, E.G.; URBINATI, E.C. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). **J. Aquac. Trop.**, v.15, n.4, p.371-379, 2000.

SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; GONÇALVES, D.C.; SILVA, P.C. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, 1887 (*Osteichthyes*, *Characidae*) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p.533-540, 2002.

SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; MARTINS, M.I.; SILVA, P.C. Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido a ciclos

alternados de restrição alimentar e realimentação. **R. Bras. Zootec**, v.32, n.1, p.19-28, 2003.

STIMPSON, J.H. Comparative aspects of the control of glycogen utilization in vertebrate liver. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 15, p. 187-197, 1965.

TAKAHASHI, L.S.; BILLER, J.D.; CRISCUOLO-URBINATI, E.; URBINATI, E.C. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. **J. of Ani. Phys. and Ani. Nutri.**, v. xx, p. x-x, 2010.

TAVARES-DIAS, M.; SCHALCH, S. H. C.; MORAES, F. R. Hematological characteristics of Brazilian Teleosts. VII Parameters of seven species collected in Guariba, São Paulo State, Brazil, **Bol. do Inst. de Pes.**, v. 29, p. 109-115, 2003.

TAVARES-DIAS, M.; MATAQUEIRO, M. I. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo. **Acta Scient. Biol. Sci.**, v. 26, p. 157-162, 2004.

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

TIAN, X.; FANG, J.; DONG, S. Effects of starvation and recovery on the growth, metabolism and energy budget of juvenile tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). **Aquaculture**, v. 310, p. 122-129, 2010.

TURANO, M.J.; BORSKI, R.J.; DANIELS, H.V. Effects of cyclic feeding on compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. **Aquac. Res.**, v.39, p1514-1523, 2008.

URBINATI, E.C., GONCALVES, F.D., TAKAHASHI, L.S. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) In: BALSISSEOTO, B., GOMES, L.C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil, Segunda edição. Santa Maria: Editora UFSM, v. único, p. 205-244, 2010

VALENTI, W.C.; POLLI, C.R.; PEREIRA, J.A. e BORGUETTI, J.R. Aquicultura no Brasil bases para um desenvolvimento sustentável. CNPQ / Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília. 399p., 2000.

VAN-WEERD, J.H., KOMEN, J. The effects of chronic stress on growth in fish: a critical appraisal. **Comp. Biochem. Physiol.**, v.120, p.107-112, 1998.

VERLHAC, V.; GABAUDAN, J. The effect of vitamin C on fish health. Brochure n° 51002. Roche Vitamins, 4070 Basle, Switzerland, 1997.

WANG, Y.; CUI, Y.; YANG, Y.; CAI, F. Compensatory growth in Hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, reared in sea water. **Aquaculture**, v.189, p.101-108, 2000.

WANG, Y., HU, W., WU, G., SUN, Y., CHEN, S., ZHANG, F., ZHU, Z., FENG, J.; ZHANG, X. Genetic analysis of “all-fish” growth hormone gene transferred carp (*Cyprinus Carpio* L.) and its F1 generation. **Chinese Science Bulletin**, v.46, p.1174-1177, 2001

WANG, Y.; CUI, Y.; YANG, Y.; CAI, F. Partial compensatory in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus* following food deprivation. **J. Appl. Ichth.**, v.21, p.389-393, 2005.

WEBSTER, C.D., TIDWELL, J.H., GOODGAME, L.S., YANCEY, D.H. Effects of fasting on fatty acid composition of muscle, liver, and abdominal fat in channel catfish *Ictalurus punctatus*. **J. World Aquacult. Soc.**, v. 25, n. 1, p. 126-134, 1994.

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

WHYTE, S.K. The innate immune response in finfish: a review of current knowledge. **Fish and Shellfish Immunology**, v.23, p.1127-1151, 2007.

WIESER, W., KRUMSCHNABEL, G. e OJWANG-OKWOR, J. P. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. **Env. Biol Fishes**, v.33, p.63–71, 1992.

XIE, S.; ZHU, X.; CUI, Y.; WOOTTON, R.J.; LEI, W.; YANG, Y. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. **J. Fish Biol.** v. 58, p.999-1009, 2001.

ZAMMIT, V. A.; NEWSHOLME, E. A. Activities of enzymes of fat and ketone-body metabolism and effects of starvation on blood concentrations of glucose and fat fuels in teleost and elasmobranch fish. **Biochem. J.**, v. 184, p. 313-322, 1979.

ZHU, X.; CUI, Y.; ALI, M.; WOOTTON, R.J. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. **J. Fish Biol.**, v.58, p.1149-1165., 2001.

ZHU, X.; XIE, S.; ZOU, Z.; LEI, W.; CUI, Y.; YANG, Y.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassius auratus gibelio*, and Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding. **Aquaculture**, v.241, p.235-247., 2004.