

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**FREQUÊNCIA ALIMENTAR E NÍVEIS DE ENERGIA E PROTEÍNA NO
DESEMPENHO DE *RHAMDIA QUELEN* E NA DIGESTIBILIDADE
DETERMINADA COM MARCADOR INTERNO E EXTERNO**

DANIEL ARGENTIM

Dissertação apresentada ao programa
de Pós-graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU - SP
Junho – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**FREQUÊNCIA ALIMENTAR E NÍVEIS DE ENERGIA E PROTEÍNA NO
DESEMPENHO DE *RHAMDIA QUELEN* E NA DIGESTIBILIDADE
DETERMINADA COM MARCADOR INTERNO E EXTERNO**

DANIEL ARGENTIM

Zootecnista

Orientador: Claudio Angelo Agostinho

Dissertação apresentada ao programa
de Pós-graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU - SP
Junho - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A691f Argentim, Daniel, 1984-
Frequência alimentar e níveis de energia e proteína no desempenho de *Rhamdia quelen* e na digestibilidade determinada com marcador interno e externo / Daniel Argentim. - Botucatu : [s.n.], 2012
v, 45 f. : gráf. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2012
Orientador: Claudio Angelo Agostinho
Inclui bibliografia

1. Bagre (Peixe). 2. Marcadores biológicos. 3. Peixe - Alimentação e rações. 4. Peixe - Nutrição. 5. Silica. I. Agostinho, Claudio Angelo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

*“É sábio reconhecer a necessidade, quando todas as outras
soluções já foram ponderadas, embora possa parecer
tolice para aqueles que têm falsas esperanças.”*

(J.R.R. Tolkien)

OFEREÇO

A DEUS, aquele que me deu a vida e todas as alegrias que ela me proporciona a cada dia, ofereço a ti Senhor que me fez digno e merecedor desta conquista

DEDICO

Aos meus pais, SUELI e FORTUNATO e a minha irmã VANESSA, pelo amor e apoio incondicional e pela oportunidade que me deram, sei que mesmo diante de algumas dificuldades, compartilharam cada etapa deste sonho comigo.

A minha esposa THAIS, uma companheira muito especial, que esteve ao meu lado desde o início com muita paciência e dedicação, me incentivando e me ajudando a superar cada obstáculo.

Aos meus tios e tias, em especial a tia NEUSA e a tia BIA, que investiram confiantes no meu estudo e sem vocês, este trabalho não seria possível.

EM MEMÓRIA

Ao meu irmão caçula e fiel companheiro de quatro patas, BUMER, que durante 14 anos de sua vida me dedicou muito amor e me proporcionou muitos momentos de alegria.

Agradecimentos

Aos meus pais, Sueli e Fortunato, pelo carinho e compreensão em todos os momentos da minha vida e por nunca terem deixado de acreditar em mim.

A minha irmã Vanessa por sempre estar do meu lado quando precisei.

A minha esposa Thais por me ajudar na vida acadêmica e pessoal.

Aos meus tios e tias maternos e paternos por participarem ativamente da minha vida.

Ao meu orientador Dr. Claudio Angelo Agostinho, que me orientou neste trabalho e proporcionou o meu desenvolvimento durante a graduação e pós-graduação, e por ser um grande amigo e profissional.

Aos grandes amigos, João e Obedias, funcionários do Setor de Aquicultura, pelo apoio, contribuição na minha formação profissional e por todas as churrascadas que participamos.

Aos meus colegas do Setor de Aquicultura, Rodrigo, Eduardo, Lucas, Luciano, Fernando, Cecília, Juliana, Raphaela e Paula pela amizade e grande ajuda no desenvolvimento do trabalho.

A todos os Professores da Pós-graduação em Zootecnia, em especial o Luiz Edivaldo Pezzato, Ricardo de Oliveira Orsi e Pedro de Magalhães Padilha.

Aos funcionários do departamento de Produção Animal, em especial secretario Renato e Paulo, que me socorreram nos momentos que precisei.

Aos funcionários do Programa de pós-graduação, Seila e Carlos pelo apoio e compreensão.

Aos amigos e a todos os estagiários do Setor de Aquicultura, em especial Anderson, Cristiane, Barbara, Guilherme Pilan, Guilherme Arruda, Jaqueline e Helena, que auxiliaram nas coletas, identificação, digitação, que sem a ajuda deles não seria possível concretizar esse trabalho.

A Sueli Agostinho e sua família pela amizade e ajuda.

Ao Helio técnico da fabrica de ração da FCAV-Jaboticabal, ao Michel responsável pela fabricada de ração da FMVZ-Botucatu, Gisele responsável técnica do laboratório de Bromatologia da FMVZ-Botucatu e a toda equipe do laboratório AquaNutri que me auxiliaram no preparo das rações.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, e a Capes pela concessão da bolsa de mestrado e a todos os funcionários, professores do curso e aos amigos cujos nomes não citei, agradeço por toda ajuda.

SUMÁRIO

	Pagina
CAPITULO I.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
1. Panorama da produção de jundiá no brasil	2
2. Características gerais da biologia do jundiá	3
3. Energia e proteína na alimentação de jundiá	3
4. Manejo alimentar	5
5. Digestibilidade.....	7
6. Referências bibliograficas	10
CAPITULO II	14
Frequência alimentar e níveis de energia e proteína no desempenho de <i>Rhamdia</i> <i>quelen</i> e na digestibilidade determinada com marcador interno e externo	15
1. Introdução.....	17
2. Material e metodos.....	18
3. Resultados.....	24
4. Discussão	26
5. Agradecimentos.....	31
6. Referências	31
7. Tabelas	36
Tabela 1 Ingredientes e composição nutricional calculada das dietas experimentais R28 e R32.	36
Tabela 2 Quadro da MANOVA para o peso dos jundiás de acordo com a dieta, a frequência alimentar e o momento de avaliação.	37
Tabela 3 Quadro da MANOVA para ganho de biomassa (GB) de acordo com a dieta, frequência alimentar e o período de avaliação.	38
Tabela 4 Quadro da MANOVA para ganho de peso por peixe (GPP) de acordo com a dieta, frequência alimentar e o período de avaliação.	39
Tabela 5 Quadro da ANOVA para eficiência alimentar aparente (EAA), taxa de crescimento especifico (TCE) e sobrevivência (S) de acordo com a dieta e frequência alimentar.	40
Tabela 6 Quadro da ANOVA da média dos coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDA _{MS}) e proteína bruta (CDA _{PB}) de acordo com a dieta e frequência alimentar, determinados com marcador interno (SiO ₂).	41
Tabela 7 Quadro da ANOVA da média dos coeficientes de digestibilidade aparente da ração R32 para matéria seca (CDA _{MS}) e proteína bruta (CDA _{PB}) de acordo com método de determinação de digestibilidade e frequência alimentar.....	42
8. Figuras	43
Figura 1 Medias de temperatura (T), oxigênio dissolvido (O2D) e potencial hidrogeniônico (pH) da água nos períodos de 0-30, 30-60 e 60-90 dias de experimento.....	43
CAPITULO III.....	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

CAPITULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. PANORAMA DA PRODUÇÃO DE JUNDIÁ NO BRASIL

A aquicultura está em pleno crescimento em vários países e de acordo com NRC (2011), nos últimos 17 anos esta atividade cresceu em média 10% a cada ano. A produção mundial, gerada pela aquicultura continental e marinha, passou de aproximadamente 44 milhões em 2001 para 73 milhões de toneladas em 2009 (FAO, 2011). Neste contexto, o Brasil teve contribuição considerável, pois entre 2008 e 2009 a atividade cresceu 13,8% (MPA, 2010). As informações demonstram que a aquicultura brasileira apresentou crescimento maior que a média mundial, devido às características climáticas favoráveis ao cultivo, disponibilidade de diversas represas e a possibilidade de cultivo de várias espécies nativas, dentre as quais, o jundiá (*Rhamdia quelen*) tem destaque (BALDISSEROTTO & GOMES, 2005).

Nos últimos anos, o cultivo do jundiá vem crescendo nas pisciculturas de água doce, contribuindo para o crescimento da atividade aquícola. Segundo dados estatísticos do ministério da pesca e aquicultura sua produção dobrou, em três anos passou de 667 toneladas em 2007 para 1089 toneladas em 2009, sendo o sul do país a região de maior produção (MPA, 2010). O crescimento na produção se deve a resistência aos manejos de cultivo e ao ganho de peso durante o inverno (FRACALLOSSI *et al.*, 2002).

A alevinagem e engorda do jundiá podem ser realizadas tanto em viveiros escavados quanto em tanques-rede (CARNEIRO, 2004; REIDEL *et al.*, 2010; SANTINÓN *et al.*, 2010). Segundo Barcelos *et al.* (2004), alevinos de jundiá criados em tanques-rede na densidade de 100 peixes/m³ ganham mais peso em relação aos produzidos em densidades maiores. A criação em tanque-rede pode aumentar a produção desta espécie, já que este sistema se caracteriza por possibilitar o aumento da densidade do lote elevando a produtividade por área.

Outras características favoráveis ao cultivo do jundiá, como carne saborosa, (LOPES *et al.*, 2006) bom rendimento de carcaça e alta taxa de fertilização (AMORIM *et al.*, 2009), atraiu a atenção de produtores e pesquisadores. Entretanto, a produção de jundiá ainda é baixa quando comparado com a produção de outras espécies nativas como o tambaqui e o pacu, que em 2009 foram de 46.454 e 18.171 toneladas, respectivamente (MPA, 2010), de modo que, apesar do crescimento na produção de jundiá nos últimos anos, ainda é necessário desenvolver e melhorar as técnicas de cultivo.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BIOLOGIA DO JUNDIÁ

O jundiá, de acordo com Silfvergrip (1996) *apud* Gomes *et al.* (2000), é um peixe onívoro que apresenta distribuição neotropical sendo encontrado desde o sudeste do México até o sul da Argentina. Este mesmo autor estudou o gênero *Rhamdia* e considerou que o *Rhamdia quelen* pertence à Classe dos *Osteichthyes*; Série dos *Teleostei*; Ordem dos *Siluriformes*; Família dos *Pimelodidae* Genero *Rhamdia*; Espécie *Rhamdia quelen*. Em estudos mais recentes o *Rhamdia quelen* foi novamente classificado e passou a pertencer a família *Heptapteridae* (Bockmann & Guazzelli, 2003).

A sua coloração varia de marrom a cinza e se diferencia dos outros gêneros de *Rhamdia*, pelos espinhos das nadadeiras dorsais serem serrilhados de ambos os lados e nadadeira caudal com lóbulos desiguais, além disso, costuma sair em busca de alimento durante a noite e após as chuvas (GOMES *et al.*, 2000).

Na natureza se alimentam tanto de peixes como de crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos (MEURER & ZANIBONI FILHO, 1997 *apud* GOMES *et al.*, 2000). Em cativeiro apresenta a capacidade de consumir dietas formuladas com fontes vegetais, porém seu intestino curto, próprio de espécies carnívoras, não é tão eficiente quanto o de outros peixes onívoros que aproveitam melhor este tipo de alimento (ROTA, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2012). Por essa característica o jundiá é considerado como espécie onívora com tendência a carnívoro (MORO *et al.*, 2010).

3. ENERGIA E PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE JUNDIÁ

A nutrição é importante para a aquicultura, pois contribui para o crescimento e saúde dos peixes e o conhecimento das exigências nutricionais, a formulação de rações balanceadas e o manejo alimentar são essenciais para o desenvolvimento de dietas (NRC, 2011).

A energia é um produto liberado pela oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas, sendo necessária para realização das atividades fisiológicas dos animais (DE SILVA & ANDERSON, 1995), além disso, atua regulando a ingestão de alimento, pois os peixes consomem o alimento para saciar suas necessidades energéticas (LOVELL, 1989; NRC, 2011). Meyer & Fracalossi (2004), concluíram, para alevinos de jundiá (1,54 g peso inicial), que a exigência de energia metabolizável estimada está entre 3200 a 3650 kcal/kg. Valor semelhante foi obtido por Lopes *et al.* (2006), que para mesma fase de cultivo, observaram maior peso médio e melhor condição corporal

dos peixes que receberam dieta com 3600 kcal EM/kg. Piedras *et al.* (2006) constataram maior ganho de peso dos alevinos (0,7 g peso inicial) alimentados com ração contendo 3400 kcal ED/kg. Para a fase de engorda, Graeff *et al.* (2006) apesar de não encontrarem diferença estatística entre as dietas testadas, recomendaram dieta com 2800 kcal EB/kg para juvenis de jundiá (52,8 g de peso inicial). Em estudo recente, Reidel *et al.* (2010) avaliaram rendimento corporal e composição química da carcaça de juvenis de *Rhamdia quelen* e verificaram melhores resultados da ração contendo 3250 kcal ED/kg. As exigências energéticas encontradas para jundiá nestes trabalhos estão próximas as recomendadas para tilápias *Oreochromis sp* (3400 kcal ED/kg) e catfish *Ictalurus punctatus* (3000 kcal ED/kg) (NRC, 2011).

A proteína é imprescindível na alimentação animal, já que ela está diretamente envolvida na formação de tecidos, hormônios e enzimas; além disso, pode atuar no transporte de lipídeos e minerais e servir como fonte secundária de energia (BERTECHINI, 2006). Este nutriente tem sido priorizado nos estudos nutricionais, pois além de aumentar o valor econômico da ração, pode influenciar no ganho de peso (MEYER & FRACALOSSO, 2004). Porém, o excesso de proteína, normalmente encontrado em dietas comerciais, é excretado pelo peixe na forma de amônia (NH₃) que é potencial poluente e pode comprometer a qualidade da água (BALDISSEROTTO, 2002; HAYASHI *et al.*, 2002, MELO *et al.*, 2006). Desta forma, o conhecimento das exigências proteicas para as diferentes espécies de peixes é necessário.

Alguns trabalhos para determinação da proteína bruta necessária para alevinos de jundiá já foram realizados e relataram valores entre 32,6 e 37,3 % (MEYER & FRACALOSSO, 2004). Signor *et al.* (2004) recomendaram níveis de 38% de PB para obtenção de melhor desempenho e maior deposição de proteína corporal dos alevinos de jundiá (0,74g) e ressaltaram que este peixe responde bem aos níveis superiores de proteína bruta na ração. Isto está de acordo com resultados obtidos por Piedras *et al.* (2006), que observaram maior ganho de peso em alevinos (0,7g) alimentados com ração contendo 51% de PB. Por outro lado, Reidel (2007) avaliou três porcentagens de proteína bruta (25, 30 e 35) e verificou melhor desempenho dos juvenis de jundiá (47,39 g de peso inicial) alimentados com ração com 30% de PB, mostrando que não são necessários altos níveis de proteína para obter bom desempenho dos jundiás cultivados.

Para atender a necessidade proteica do peixe, não basta fornecer a quantidade mínima de proteína bruta, mas sim quantidade correta e bem balanceada de

aminoácidos essenciais e não essenciais (BICUDO & CYRINO, 2009). Para obtenção da melhor proporção de aminoácidos na ração é comum à utilização de aminoácidos sintéticos que além de permitir balanceamento adequado da ração pode estimular a atividade de enzimas proteolíticas no intestino e fígado (FURUYA *et al.*, 2005; UNGAR *et al.*, 2009).

As exigências de aminoácidos para o jundiá foram estudadas por Meyer & Fracalossi (2005), que estimaram as exigências de lisina, metionina, treonina e triptofano em 5,03; 2,13; 3,00; 0,27% do teor proteico, respectivamente. Montes-Girao & Fracalossi (2006), baseados no conceito de proteína ideal, estimaram as exigências de lisina para jundiá em 4,5% do teor proteico e a partir desta, encontraram os valores de 4,3% (95% da lisina) e 0,9% (19% da lisina) para treonina e triptofano, respectivamente.

A relação entre energia e proteína é outro parâmetro importante para a determinação de uma boa dieta. Quando o peixe sacia sua necessidade energética deixa de consumir alimento; se na ração houver pouca proteína em relação à energia, pode deixar de consumir a quantidade adequada de proteína (LOVELL, 1989; NRC, 2011). Signor *et al.* (2004), estudando níveis de proteína na ração de jundiá, inferiram que os níveis mais baixos de proteína bruta testados não supriram as necessidades dos alevinos devido a menor relação proteína/energia. Melo *et al.* (2006), indicaram a necessidade de estudos para a determinação da relação energia/proteína adequada para jundiá. No mesmo ano, Graef *et al.* (2006) sugeriram que a relação energia/proteína que melhor atende as exigências de jundiás na fase de engorda é de 10 kcal EB/g. Concordaram com Lopes *et al.* (2006), que determinaram melhor desempenho dos alevinos que receberam ração com a relação energia/proteína de 10,2 kcal ED/g.

Estudos para determinar as exigências nutricionais do jundiá foram feitos e contribuíram para o crescimento da produção deste peixe. Contudo, estudos que avaliem a relação do manejo alimentar com o aproveitamento dos nutrientes da dieta são escassos.

4. MANEJO ALIMENTAR

Quando nutricionistas formulam uma ração, procuram combinar melhores matérias primas de forma a obter o máximo desempenho dos peixes e melhor relação custo benefício. Contudo, se essa ração não for oferecida corretamente aos animais, podem ocorrer desperdícios e até perda de nutrientes por lixiviação da água (NRC

2011), portanto, para obter melhores resultados deve-se definir o melhor horário de alimentação, a frequência de arrazoamento mais adequada e a quantidade correta de ração a ser oferecida aos peixes.

Sabe-se que peixes onívoros, em seu ambiente natural, consomem alimentos com maior frequência quando comparados com os carnívoros (ROTA, 2003; NRC, 2011). Em tanques-rede, alguns trabalhos em que ração foi oferecida em alta frequência alimentar, as tilápias apresentam melhor desempenho (OLIVEIRA, 2007; OLIVEIRA, 2010; SOUSA, 2007; SOUSA, 2010; CASTRO *et al.*, 2011). Contrariando o hábito natural de se alimentar menos vezes ao dia, algumas pesquisas mostraram que carnívoros em cativeiro também podem apresentar maior crescimento quando alimentados mais que 12 vezes ao dia (ALEXANDRE, 2010; ARGENTIM *et al.*, 2011; CASTRO, *et al.*, 2012).

O aumento da frequência alimentar é um manejo que pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes da dieta, contribuindo para distribuir melhor o alimento ao longo do dia e diminuir os desperdícios (SOUSA *et al.*, 2012). Para jundiá é comum fornecer ração poucas vezes ao dia e ainda são poucos os estudos sobre a influência da frequência de alimentação no crescimento deste peixe. Canton *et al.* (2007), verificaram maior ganho de peso e maior taxa de crescimento específico dos jundiás alimentados com maior frequência, discordando do encontrado por Carneiro & Mikos (2005), que ofereceram ração a vontade para o *Rhamdia quelen* nas frequências de arrazoamento de 1, 2, 3 e 4 vezes ao dia e não observaram diferenças entre os tratamentos. Assim, as vantagens ou desvantagens da distribuição do alimento em alta frequência alimentar ainda são desconhecidas para este peixe.

A quantidade de refeições diárias, além de afetar o desempenho, também pode alterar o modo como os peixes aproveitam o alimento. Chiu *et al.* (1987) observaram que o crescimento e a eficiência de utilização de ração foram 20% melhores para Milkfish *Chanos chanos*, alimentados mais vezes ao dia. Lee *et al.* (2000), verificaram que os juvenis de *Paralichthys olivaceous*, quando alimentados com baixa frequência, crescem mais com dietas com maior nível de energia e quando alimentados mais vezes ao dia tem maior ganho com dietas menos energéticas. Argentim *et al.* (2011), avaliando duas rações comerciais (carnívoro e onívoro) oferecidas para rã-touro, verificaram interação entre o tipo de ração e a quantidade de refeições diárias e que as rãs alimentadas com a maior frequência (48 vezes/dia) aproveitaram melhor a ração formulada para peixe onívoro. Zarate *et al.* (1999), obtiveram melhor

crescimento dos peixes (*Ictalurus punctatus*) alimentados mais vezes ao dia, mas não observaram interação entre as dietas e as frequências de alimentação testadas.

A utilização de um alimento adequado, em combinação com o manejo alimentar correto, é de extrema importância para aumentar a produção de peixes (NRC, 2011); contudo, existem poucos trabalhos que consideram os efeitos do manejo alimentar sobre o aproveitamento da dieta no cultivo de jundiá. A produção deste peixe demonstrou considerável crescimento nos últimos anos, podendo crescer ainda mais com a adequação da nutrição e o manejo alimentar.

5. DIGESTIBILIDADE

A digestibilidade é amplamente pesquisada para os mais variados animais de produção, inclusive peixes, e sabe-se que ela afeta diretamente o crescimento por estar relacionada com a quantidade de alimento digerido e absorvido. A qualidade dos ingredientes contidos em uma ração, a capacidade fisiológica do animal em digerir tais alimentos, a temperatura da água no caso de peixes, a velocidade com que o alimento passa pelo trato digestório e o manejo alimentar adotado, são alguns fatores que podem influenciar na digestibilidade do alimento. Segundo, Yamamoto et al. (2007) que avaliaram os efeitos do período de alimentação, da frequência alimentar, da temperatura da água e da composição da dieta sobre a digestibilidade de macro ingredientes de dietas oferecidas até a saciedade para truta (*Oncorhynchus mykiss*) e carpa (*Cyprinus carpio*) e constataram que os fatores que mais afetaram a digestibilidade dos foram a temperatura da água e a frequência alimentar.

A quantidade de alimento ingerido diariamente também pode influenciar a digestibilidade para peixes, pois se o animal consome pequenas porções de alimento varias vezes ao dia, a digestão é facilitada. Alexandre (2010) alimentou surubins com diferentes frequências (6, 12 e 24 vezes ao dia) e duas taxas de alimentação (4% e 8% do peso vivo) e verificou que mesmo quando o alimento foi oferecido em excesso, a maior frequência alimentar proporcionou melhor coeficiente de digestibilidade da proteína. Os resultados encontrados por este autor mostram que a pior digestibilidade proteica da dieta ($p < 0,05$), ocorreu quando esta foi oferecida em excesso e poucas vezes ao dia.

Outros trabalhos também mostram que existe influencia da frequência alimentar sobre a digestibilidade proteica. Zhou et al. (2003), verificaram melhora significativa de 92,77 para 95,43 do o coeficiente de digestibilidade da proteína da dieta de *Carassius auratus gibelio* quando a frequência alimentar passou de 2 para 24

vezes ao dia. Por outro lado, Ustaoglu Tiril & Alagil (2009), não observaram diferença significativa para digestibilidade de proteína bruta da dieta de truta *Oncorhynchus mykiss* submetida a taxa de alimentação de 1,5% do peso vivo, quando a frequência alimentar alterou de duas para seis refeições ao dia.

A análise de digestibilidade da ração é uma ferramenta importante nos estudos relacionados ao manejo alimentar, pois possibilita a verificação dos efeitos das taxas de alimentação e da frequência alimentar sobre a digestão e absorção dos nutrientes da dieta. Existem, basicamente, duas formas de se avaliar a digestibilidade que são a forma direta e a indireta. A primeira consiste em avaliar a quantidade total de nutrientes excretados nas fezes e comparar com a quantidade de alimento ingerido pelo animal, ou seja, quantificar os nutrientes ingeridos e excretados. Para piscicultura, a forma mais utilizada para a avaliação da digestibilidade é a indireta, isto porque existe certa dificuldade de se determinar a quantidade exata de alimento ingerido pelo peixe.

O método indireto utiliza a relação entre a concentração do nutriente ou da energia e a concentração de um indicador inerte no alimento e nas fezes para a determinação da digestibilidade aparente. Como marcadores, podem ser utilizados indicadores externos, como óxido de cromo (Cr_2O_3), bário, itérbio, titânio, ítrio, micro traços de ferro-níquel e indicadores internos, que estão naturalmente presentes no alimento ou ração, como as fibras não digestíveis (BELAL, 2005) e a sílica (MORAES *et al.*, 2009).

O óxido de cromo é o indicador externo mais utilizado nos experimentos com peixes, contudo, este indicador apresenta alguns inconvenientes relacionados a determinação de sua concentração, pois no processo de mineralização ocorre a liberação de íons de dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) que podem ser prejudiciais ao ambiente e aos analistas, portanto, a utilização de sílica (SiO_2) como marcador interno pode ser mais eficiente no sentido de reduzir o tempo das determinações e não gerar resíduos tóxicos, além de não haver a necessidade de ser incorporada na ração, pois já está presente na mesma (MORAES *et al.*, 2009). Entretanto, este método é menos usado e apesar de alguns trabalhos confirmarem que pode ser utilizado em substituição ao método de crômio, ainda se faz necessário mais pesquisas para confirmar sua eficiência (CASTRO *et al.*, 2012; SALEH *et al.*, 2007).

Com base nestas informações, este estudo está apresentado no capítulo II intitulado:

“Frequência alimentar e níveis de energia e proteína no desempenho de *Rhamdia quelen* e na digestibilidade determinada com marcador interno e externo”. A redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas de publicação da revista *Aquaculture Research*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, J. S. **Taxa de alimentação e frequência alimentar para surubins criados em tanque de rede**: desempenho produtivo e digestibilidade de proteína. 2010. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

AMORIM, M. P. et al. Early development of the silver catfish *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (Pisces:Heptapteridae) from the São Francisco River Basin, Brazil. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 40, p. 172-180, 2009.

ARGENTIM, D. et al. Efeito de dois tipos de ração comercial distribuídas em baixa e alta frequência alimentar sobre o desempenho da rã-touro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Zootec, 2011. 1 CD-ROM.

BALDISSERTTO, B. Osmorregulação. In: BALDISSERTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. cap. 5. p. 73-98.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. Jundiá (*Rhamdia* sp.). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2005. cap.13. p. 303-325.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 232, p. 383-394, 2004.

BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource Technology**, Essex, v. 96, p. 395-402, 2005.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo de proteína. In: BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. cap. 7. p. 101-130.

BICUDO, A. J. A.; CYRINO, J. E. P. Estimating amino acid requirement of brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 40, n. 6, p. 818-823, 2009.

BOCKMANN, F. A; GUAZZELLI, G. M. Heptapteridae. In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JUNIOR, C. J. **Check list of freshwater fishes of South and Central America (CLOFFSCA)**. Porto Alegre: Ed. Edipucrs, 2003. p. 406-431.

CANTON, R. et al. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 749-753, 2007.

CARNEIRO, P. C. F. A produção de jundiá em cativeiro. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Ed. UFSM. Santa Maria, cap.7, p.117-141, 2004.

CARNEIRO, P. C. F.; MIKOS, J. D. Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 187-191, 2005.

CASTRO, C. S. et al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 326-329, p. 123 - 128, 2012.

CASTRO, C. S. et al. Intervalos e períodos de alimentação para tilápias criadas em tanque-rede. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Zootec, 2011. 1 CD-ROM.

CHIU, Y. N.; SUMAGAYSAY, N. S.; SASTRILLO, M. A. S. Effect of feeding frequency and feeding rate on the growth and feed efficiency of Milkfish, *Chanos chanos* Forsskal, juvenile. **Asian Fisheries Science**, Penang, n. 1, p. 27-31, 1987.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Fisheries and aquaculture information and statistics service. Disponível em: <http://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector?tb_ds=Aquaculture&tb_mode=TABTA&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY>. Acesso em: 19 out. 2011.

FRACALOSSO, D. M.; ZANIBONI-FILHO, E; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 74, p. 43-49, 2002.

FURUYA, W. M. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1433-1441, 2005.

GOMES, L. C. et al. Biologia do Jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae) **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 179-185, 2000.

GRAEFF, A.; TOMAZELLI, A.; PRUNER, E. N. Desenvolvimento corporal de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas completas contendo diferentes níveis de energia na fase de engorda. In: CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA, COMUNICACIÓN CIENTÍFICA, 4., 2006. p. 56-61. **Anais...** Disponível em: <<http://www.revistaaquatic.com/civa2006/>>. Acesso em: 19 out. 2011.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 823-828, 2002.

LEE, S.; CHO, S. H.; KIM, D. J. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, p. 917-921, 2000.

LOPES, P. R. S. et al. Desempenho de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com diferentes níveis de energia na dieta. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 4, p. 32-37, 2006.

LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand-Reinhold, 1989. 260 p.

MELO, J. F. B. et al. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 145, p. 181-187, 2006.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirement based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 401-405, 2005.

MEYER, G.; FRACALLOSSI, D. M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 240, p. 331-343, 2004.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2010. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2008 - 2009. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/docs/anu%E1rio%20da%20pesca%20completo2.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2011.

MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALLOSSI, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundia, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 37, p. 388-396, 2006.

MORAES, P. M. et al. Determinação de fósforo biodisponível em rações de peixes utilizando extração assistida por ultra-som e espectrofotometria no visível. **Química Nova**, Sao Paulo, v. 32, n. 4, p. 923-927, 2009.

MORO, G.V. et al. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundia, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 41, p. 394-400, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 2011.

OLIVEIRA, F. A. **Taxas e intervalos de alimentação na produção de tilapia em tanque-rede com dispensador automático de ração**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

OLIVEIRA, L. C. **Altas frequências de arraçoamento nas fases iniciais da criação de Tilápia em hapas**. 2010. 73 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

PIAIA, R.; TOWNSEND, C. R.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* exposed to different light regimes. **Aquaculture International**, London, v. 7, p. 201-205, 1999.

PIEDRAS, S. R. N. P. et al. Resposta de alevinos de jundiá (*Rhamdia sp.*) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 217-220, 2006.

REIDEL, A. **Níveis de energia e proteína na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) criados em tanques-rede**. 2007. 76 f. Tese (Doutorado em Aquicultura)-Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

REIDEL, A. et al. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 233-240, 2010.

RODRIGUES, A. P. O. et al. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 18, p. 65-72, 2012.

- ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 48 p.
- SALEH, M. A. D. et al. Determinação da biodisponibilidade de zinco em rações de peixes utilizando SiO₂ como marcador interno. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.
- SANTINÓN, J. J. et al. Duração da larvicultura sobre o desempenho posterior de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*, recriados em tanques-rede. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1180-1185, 2010.
- SIGNOR, A. et al. Exigência de proteína bruta para alevinos de jundiá *Rhamdia quelen*. **Revista Varia Scientia**, Cascavel, v. 4, n. 8, p. 79-89, 2004.
- SOUSA, R. M. R. **Frequência alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas fases de reversão e pós-reversão sexual**. 2010. 55 f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- SOUSA, R. M. R. **Qualidade da água e desempenho produtivo da tilápia do nilo alimentada em diferentes frequências e períodos por meio de dispensador automático**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SOUSA, R. M. R. et al. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 1, p. 192-197, 2012.
- UNGAR, A. B. et al. Efeito da adição de aminoácidos essenciais à dieta sobre a secreção de enzimas digestivas de jundiá *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 105-111, 2009.
- USTAOĞLU TIRIL, S.; ALAGIL, F. Effects of feeding frequency on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a high lipid diet. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Ankara, v. 33, n. 4, p. 317-322, 2009.
- YAMAMOTO, T. et al. Effects of feeding time, water temperature, feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio*. **Fisheries Science**, Tokyo, v. 3, p. 161-170, 2007.
- ZARATE, D. D; LOVELL, R. T; PAYNE, M. Effects of feeding and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 5, p. 17-22, 1999.
- ZHOU, Z. et al. Effect of feeding frequency on growth, feed utilization, and size variation of juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 19, p. 244-249, 2003.

CAPITULO II

Frequência alimentar e níveis de energia e proteína no desempenho de *Rhamdia quelen* e na digestibilidade determinada com marcador interno e externo

Resumo: As relações entre frequência alimentar e aproveitamento dos nutrientes da dieta pelo jundiá são pouco compreendidas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a frequência alimentar sobre o desempenho do jundiá e a digestibilidade proteica de duas rações determinada com dois marcadores. Os delineamentos para a comparação entre métodos de determinação da digestibilidade e avaliação do desempenho foram inteiramente casualizados com quatro tratamentos em esquema fatorial 2x2, onde o experimento de desempenho consistiu em oferecer as rações com 28 e 32% PB em três e 24 refeições/dia durante 90 dias; e a comparação de métodos consistiu em testar dois marcadores (SiO_2 e Cr_2O_3) nas duas frequências de alimentação. Os resultados evidenciaram que houve efeito entre frequência alimentar e as dietas influenciando no ganho de biomassa, eficiência alimentar e coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e matéria seca. Quando as dietas foram oferecidas 24 vezes ao dia, os jundiás alimentados com a ração R28 apresentaram o mesmo desempenho daqueles alimentados com a ração R32. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os métodos de determinação de digestibilidade. Concluiu-se o aproveitamento das dietas foi melhor, quando os jundiás foram alimentados 24 vezes ao dia. Constatou-se ainda que o SiO_2 é potencial substituto do Cr_2O_3 nas determinações de digestibilidade.

Palavras-chave: alimentador automático, dióxido de sílica, manejo alimentar, *Rhamdia quelen*

Feeding frequency and levels of energy and protein on *Rhamdia quelen* performance and digestibility determined with internal and external marker.

Abstract: The relationship between feeding frequency and diet nutrients utilization by jundia are scarce. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of feeding frequency on silver catfish performance and protein digestibility of two diets, determined by external (Cr_2O_3) and internal (SiO_2) markers. The experimental design for methods of digestibility determination and performance, were completely randomized in a 2x2 factorial design with four treatments, where the performance trial consisted of offering two diets with 28 and 32% CP in 3 and 24 meals day^{-1} during 90 days; and the evaluation between methods consisted of testing two markers (SiO_2 and Cr_2O_3) in two feeding frequency. The results showed that there was an interaction between feeding frequency and diet, influencing the biomass gain, feed efficiency and apparent digestibility of protein and dry matter. When the diets were offered 24 times a day, jundia fed with R28 diet showed same performance as those fed with R32 diet. No significant differences between the methods of determining digestibility. It is concluded that the use of the diets was better when the jundia were fed 24 times a day. Further, it was observed that the internal marker is a potential substitute for external marker in digestibility determinations.

Keywords: automatic feeder, feed management, *Rhamdia quelen*, silica dioxide

1. INTRODUÇÃO

Os nutricionistas normalmente formulam uma ração combinando as matérias primas de forma a obter o máximo desempenho dos peixes e melhor relação custo benefício, no entanto, se a ração não for oferecida corretamente aos animais, podem ocorrer desperdícios e até perda de nutrientes para o sistema de cultivo (NRC, 2011). Por isso, é de extrema importância o conhecimento de técnicas de manejo alimentar, como o horário de alimentação, a frequência alimentar adequada e a quantidade correta de ração a ser oferecida aos peixes, para diminuir as perdas em quantidade e qualidade das rações.

O aumento no número de refeições é uma técnica de manejo que pode melhorar a capacidade de aproveitamento da dieta pelo peixe, levando a uma redução no desperdício de alimento. Quando a frequência alimentar é maior que 24 vezes ao dia, pode melhorar o desempenho de onívoros como a tilápia (SOUSA et al., 2012) e carnívoros como a rã-touro (OLIVEIRA et al., 2009; CASTRO et al., 2012), bem como, melhorar a digestibilidade da ração (ZHOU et al., 2003; ALEXANDRE, 2010) podendo aumentar em 20% a eficiência de utilização da dieta (CHIU et al., 1987).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um bagre brasileiro que apresenta boas características para o cultivo (FRACALOSSO et al., 2002; BARCELLOS et al., 2004; REIDEL et al., 2010; SANTINÓN et al., 2010; AMORIM et al., 2009). Além disso, é considerado pela maioria dos autores como sendo onívoro com tendência carnívora (MORO et al., 2010) e por isso são capazes de aproveitar dietas que contenham fontes vegetais como principais ingredientes (Rodrigues et al., 2012). Estudos têm mostrado que a exigência energética do jundiá deve estar entre 3200 e 3650 kcal ED/kg e o teor proteico entre 32 e 38% de PB (SIGNOR et al., 2004; MEYER & FRACALOSSO, 2004; REIDEL, 2007; REIDEL et al., 2010; FREITAS et al., 2011) dependendo da fase de cultivo.

A frequência alimentar é uma área do cultivo de jundiá pouco estudado e, portanto, este manejo ainda não está bem definido. Alguns trabalhos como o de Carneiro & Mikos (2005) não observaram diferenças entre frequência de arraçoamento de uma, duas, três e quatro vezes ao dia. Entretanto, Canton et

al., (2007) verificaram maior ganho de peso e maior taxa de crescimento específico entre os jundiás alimentados quatro vezes ao dia em comparação aos que receberam menor número de refeições, o autor ressaltou que maiores frequências de alimentação deveriam ser testadas. Embora se conheça a técnica de cultivo do jundiá e sua exigência nutricional, pouco se sabe sobre a influência que a frequência alimentar de 24 refeições/dia pode exercer sobre o aproveitamento dos nutrientes da ração.

O estudo da digestibilidade é utilizado pelos nutricionistas para avaliar o aproveitamento das dietas. Geralmente, os pesquisadores nos experimentos com peixes, utilizam o óxido de cromo (Cr_2O_3) como o indicador externo para determinação da digestibilidade aparente das rações (JOBILING, 1994). Contudo este indicador apresenta algumas restrições relacionadas à sua determinação, devido ao processo de mineralização, que libera íons dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) prejudiciais ao ambiente, sendo o marcador interno, dióxido de sílica (SiO_2), que além de ser encontrado nas dietas formuladas com ingredientes de origem vegetal, pode ser mais eficiente no sentido de reduzir o tempo das determinações e não gerar resíduos tóxicos (MORAES *et al.*, 2009). Entretanto, este é um método pouco utilizado e apesar de alguns trabalhos concluírem que pode substituir o método do óxido de cromo, ainda são necessários mais estudos para confirmar sua eficiência (CASTRO *et al.*, 2012; SALEH *et al.*, 2007).

Em vista do que foi exposto acima, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da baixa e alta frequência alimentar e de dietas com dois níveis de proteína com a mesma relação energia/proteína, sobre o desempenho de jundiá, bem como, comparar a eficiência do método que utiliza sílica como marcador interno com o método do marcador externo para determinação de digestibilidade.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Estrutura experimental e condições ambientais

A estrutura experimental consistiu de 24 hapas (malha 7 mm; dimensões de 0,75 m x 0,75 m x 0,80 m) e volume útil de 0,4 m³, que possuíam um

comedouro circular feito de tubo “PVC” e aguapés que serviam de abrigo para os peixes. As hapas foram colocadas dentro de 24 tanques-rede de um metro cúbico de volume útil (malha 16 mm), a fim de proteger os peixes contra predadores. Acima de cada tanque-rede foram instalados dispensadores automáticos de ração, desenvolvidos por Agostinho *et al* (2004). Os tanques-rede foram dispostos em duas linhas paralelas (cada linha com 12 tanques-rede) em um viveiro escavado de aproximadamente 2000 m³, com dois metros de profundidade. O viveiro era abastecido com água de mina que promovia troca parcial de 5 a 10% ao dia do total de água do tanque.

O experimento foi conduzido em condições naturais e os parâmetros físico-químicos da água ficaram sujeitos a mudanças climáticas, sendo a temperatura, o pH e o oxigênio dissolvido os parâmetros limnológicos monitorados durante o período experimental.

2.2. Preparo das rações

A ração experimental R32 foi formulada com base na exigência nutricional disponível na literatura, onde: a porcentagem de proteína bruta está de acordo com os níveis propostos por Reidel (2007), Reidel *et al.* (2010) e Freitas *et al.* (2011); e a relação energia/proteína de acordo com a recomendada por Lopes *et al.* (2006). A ração R28 foi formulada para conter valor de proteína bruta inferior ao encontrado na literatura, mas de maneira que apresentasse a mesma relação energia/proteína da ração R32.

Os ingredientes utilizados nas duas rações foram moídos e peneirados em peneira de 0,8 mm, em seguida pesados e homogeneizados. Então, cada uma das dietas, foi extrusada na fabrica de ração da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP campus de Jaboticabal, para isso, foi utilizada extrusora (Extrucenter, modelo MAB 400S) com canhão de rosca simples, injeção de vapor d’água no condicionador e com capacidade de processar 250kg.h⁻¹ de ração. A velocidade do corte foi regulado de modo a se obter grânulos flutuantes com diâmetro entre 2 á 4 mm. Após a extrusão, as rações foram pré-secadas em secador de esteira a 75°C durante 30 min.,

secas em estufa a 55°C durante 24 horas, em seguida, embaladas e armazenadas em local adequado até o início do experimento.

Para comparar os métodos de determinação de digestibilidade, 10 kg da ração R32 foi acrescida com 0,1% de óxido de cromo (BREMER NETO *et al.*, 2003) e em seguida foi extrusada seguindo o mesmo procedimento descrito no parágrafo anterior. Os ingredientes e composição nutricional das dietas se encontram na Tabela 1.

2.3. Delineamento experimental

O experimento teve início na última semana do mês de julho de 2011 e foi encerrado após 90 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições em esquema fatorial 2x2, sendo duas rações experimentais (R28; R32) e duas frequências de alimentação (3 e 24 refeições/dia). Os tratamentos foram os seguintes: ração R28 distribuída (R28F3); ração R28 distribuída na frequência de 24 refeições/dia (R28F24); ração R32 ofertada em três refeições/dia (R32F3); e ração R32 distribuída em 24 refeições/dia (R32F24).

O delineamento para a comparação entre os métodos, foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições em esquema fatorial 2x2, sendo utilizados dois marcadores (SiO_2 e Cr_2O_3) para determinação da digestibilidade da dieta R32 e duas frequências de alimentação (3 e 24 refeições/dia). Os tratamentos foram os seguintes: digestibilidade determinada com o marcador interno (SiO_2) para a frequência de três refeições/dia ($\text{MSiO}_2 \times \text{F3}$); digestibilidade determinada com o marcador interno (SiO_2) para a frequência de 24 refeições/dia ($\text{MSiO}_2 \times \text{F24}$); digestibilidade determinada com o marcador externo (Cr_2O_3) para a frequência de três refeições/dia ($\text{MCr}_2\text{O}_3 \times \text{F3}$); e digestibilidade determinada com o marcador externo (Cr_2O_3) para a frequência de 24 refeições/dia ($\text{MCr}_2\text{O}_3 \times \text{F24}$).

2.4. Material biológico e manejo

Os 864 jundiás, oriundos do Setor de Aquicultura da FMVZ-UNESP campus de Botucatu, com peso médio de $45,71 \pm 0,65$ g foram distribuídos nas

24 hapas, na densidade de 90 peixes/m³. Todos os dias, no período compreendido entre 18h00min e 06h00min, os peixes eram alimentados por meio de alimentadores automáticos, que estavam programados para distribuir a quantidade diária de alimento em três ou em vinte e quatro refeições/dia, de acordo com os tratamentos estabelecidos. A taxa alimentar diária utilizada foi de 2% do peso vivo e a quantidade de ração era corrigida quinzenalmente, após cada biometria.

Na última semana de experimento, os peixes dos tratamentos R32F3 e R32F24 passaram a receber a ração R32 contendo óxido de cromo III (Cr₂O₃), para que pudesse ser realizada a comparação entre os dois métodos de determinação da digestibilidade da ração.

A cada quinze dias todos os peixes de cada unidade experimental eram pesados individualmente. Os pesos foram tomados utilizando-se balança eletrônica com precisão de 0,01 g e capacidade para pesar até 5 kg. Ao final do experimento, as fezes, de dez peixes de cada unidade experimental, foram coletadas para a análise de digestibilidade. Para isso, os peixes foram anestesiados com 40 mg.L⁻¹ de óleo de cravo (CUNHA *et al.*, 2010) e, em seguida, eutanasiados. As fezes foram coletadas diretamente do terço final do intestino, então, este material foi armazenado em recipiente fechado e em seguida congelado em freezer, até a realização das análises de digestibilidade.

2.5. Parâmetros de desempenho

A avaliação de desempenho foi feita a partir dos dados biométricos coletados durante o experimento e da avaliação da quantidade de alimento consumido. Foram calculados os seguintes parâmetros zootécnicos para 30, 60 e 90 dias de experimento: ganho de biomassa (GB); ganho de peso por peixe (GPP). A eficiência alimentar aparente (EAA), taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência (S) foram calculadas considerando-se apenas o início e final do experimento. Os parâmetros foram calculados de acordo com as seguintes fórmulas:

$$B_j(g) = (P_j \times N_{pj})$$

$$GB_j(g) = (B_j - B_{inicial})$$

$$GPP(g) = \left(\frac{GB_j}{Np_j} \right)$$

$$TCE(\%) = 100 \left(\frac{(\ln Pf) - (\ln Pi)}{\text{dia}} \right)$$

$$EAA = \left(\frac{GB_{final}}{R_{total}} \right)$$

$$S(\%) = 100 \left(\frac{N_{pf}}{N_{pi}} \right)$$

Sendo:

P = peso médio dos peixes;

B = biomassa do tratamento;

Binicial = biomassa do tratamento no início do experimento;

R_{total} = total de ração oferecida aos peixes

N_{pf} = número final de peixe da unidade experimental

N_{pi} = número inicial de peixe da unidade experimental

N_p = número de peixe da unidade experimental;

lnP_{final} = logaritmo natural do peso médio dos peixes no início do experimento;

lnP_{inicial} = logaritmo natural do peso médio dos peixes no fim do experimento.

j = momento em dias em que foi considerado o cálculo.

2.6. Avaliação da digestibilidade

No Laboratório de Bromatologia da FMVZ-UNESP, foram realizadas análises de quantificação da proteína bruta e matéria seca para a obtenção dos coeficientes de digestibilidade aparente da ração. Para determinar a quantidade de proteína, as fezes foram descongeladas, secas em estufa a 55°C durante 48h e, em seguida, maceradas em cadinho de porcelana. A ração foi moída em peneira de 0,8 mm de diâmetro e homogeneizada manualmente.

A proteína bruta, contida nas fezes secas e nas rações, foi determinada utilizando-se o método de Kjeldahl. A determinação da porcentagem de matéria seca foi calculada por meio da diferença de peso entre amostra úmida e a amostra seca. Para isso as fezes e rações foram pesadas e secas em estufa a 100°C até a obtenção de cem por cento de matéria seca.

A quantificação dos marcadores: interno (SiO₂) contido nas duas dietas, e externo (Cr₂O₃) presente na dieta R32, foi realizada no Laboratório de Química do Instituto de Biociências (IB) da UNESP, Campus de Botucatu.

O marcador interno foi quantificado utilizando-se trinta miligramas de cada amostra, que foram acrescidas com 10 mL de água deionizada e colocada em recipiente plástico. A mistura solido-liquido foi submetida a três ciclos de 20s de ultra-sonificação, sob agitação de 50 watts de potencia para a extração da fração mineral da mistura. O extrato foi filtrado para separação da fase sólida, em seguida a concentração de dióxido de sílica (SiO₂) no extrato foi determinada por espectrofotometria de acordo com o método do anidrido silicomolibídico azul proposto por Willians (1979).

Na determinação do óxido de cromo III, 25 mg de cada amostra (fezes e ração R32) foram colocadas em balões de Kjeldahl, misturadas com 3 mL ácido nítrico e 2 mL de ácido perclórico e, em seguida, aquecidas e digeridas em bloco digestor. Os extratos ácidos finais foram diluídos com água deionizada até a marca de 5 mL e homogeneizados manualmente. Logo após este procedimento, os extratos foram submetidos à Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS), de acordo com os procedimentos recomendados no manual do equipamento (Cookbook Shimadzu, 2002), para quantificar a concentração de Cr₂O₃ nas fezes dos peixes que receberam a dieta R32. A metodologia de determinação de digestibilidade com oxido de cromo III como marcador foi realizada de acordo com proposto por Bremer Neto *et al.* (2003).

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e matéria seca foram calculados com base nos valores de dióxido de sílica encontrados nas rações R28 e R32, para isso as seguintes formulas foram utilizadas:

$$CDA_{MS}(\%) = 100 - \left(100 \left(\frac{\%Lr}{\%Lf} \right) \right)$$

$$CDA_N(\%) = 100 - \left(100 \left(\frac{\%Lr}{\%Lf} \right) \times \left(\frac{\%Nf}{\%Nr} \right) \right)$$

Sendo:

CDA_{MS} = Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca;

CDA_N = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente;

L= marcador;

N= Nutriente;

r = ração;

f = fezes.

Os CDA_{PB} e CDA_{MS} da comparação entre os métodos de determinação de digestibilidade foram calculados com base nos valores de dióxido de sílica e óxido de cromo III encontrados na ração R32, usando as fórmulas descritas acima.

2.7. Análise estatística

Os dados de peso médio e os parâmetros zootécnicos (GB e GPP) calculados foram submetidos a análise de variância multivariada (MANOVA) para grupos independentes (esquema de dois fatores) no modelo de medida repetida (período de avaliação) complementada com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni (JOHNSON & WICHERN, 2002). As informações de EAA, TCE, CDA_{MS} , CDA_{PB} e a comparação entre os métodos de digestibilidade, foram submetidas a análise de variância (ANOVA) para o modelo de dois fatores e complementadas com o teste de comparações múltiplas de Tukey (ZAR, 2009). Os dados de sobrevivência foram submetidos a análise de variância não paramétrica também para o modelo de dois fatores e complementada com o teste de comparações múltiplas de Dunn (ZAR, 2009). Todos os resultados foram discutidos ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS

Os parâmetros monitorados estão representados na Fig.1. A temperatura da água permaneceu entre 18 e 22°C, estando abaixo da temperatura considerada adequada para cultivo do jundiá (PIEDRAS *et al.*, 2004). As médias de O_2D e o pH permaneceram acima de 5 mg/L e 7, respectivamente, que são valores considerados adequados para a criação de jundiá (MAFFEZZOLLI & NUÑER, 2006; GARCIA *et al.*, 2011).

Os resultados de desempenho dos peixes são apresentados nas tabelas 2, 3, 4 e 5. Como pode ser observado na Tabela 2, não houve diferença ($p >$

0,05) para os pesos médios aos 30, 60 e 90 dias de experimento dentro do mesmo período de avaliação. Houve efeito ($p < 0,05$) entre os fatores para ganho de biomassa aos 90 dias (GB_{90}) de experimento (Tabela 3). Quando as rações foram ofertadas menos vezes ao dia, os peixes alimentados com a ração R32 apresentaram maior ganho de biomassa em 90 dias (1166,56 g) em comparação com o GB_{90} (997,76) dos jundiás alimentados com a dieta R28, no entanto, quando as dietas foram distribuídas em 24 refeições, não houve diferença significativa entre os GB_{90} dos peixes alimentados com a dieta R32 (1114,14 g) e o GB_{90} dos peixes que receberam a dieta R28 (1035,30). Os peixes que receberam a ração menos proteica e poucas vezes ao dia apresentaram o menor ganho de biomassa aos 90 dias (997,76 g). O ganho de peso por peixe não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores testados, dentro do mesmo período de avaliação.

Houve efeito entre frequência alimentar e as rações testadas para eficiência alimentar aparente (Tabela 5). Na menor frequência alimentar, os peixes alimentados com a dieta R28 apresentaram pior ($p < 0,05$) EAA (0,48) em comparação com a EAA (0,57) dos peixes que receberam a dieta R32. No entanto, a EAA (0,53) dos peixes alimentados 24 vezes/dia com a ração R32 não diferiu estatisticamente da EAA (0,47) dos jundiás que receberam ração com menor nível proteico. Não houve efeito significativo dos fatores sobre os resultados da taxa de crescimento específico e a sobrevivência dos peixes (Tabela 5).

Os coeficientes de digestibilidade de proteína bruta (CDA_{PB}) e matéria seca (CDA_{MS}) das dietas R28 e R32 estão representados na Tabela 6. Não houve efeito ($p > 0,05$) para os CDA_{PB} entre as frequências de alimentação para o mesmo tipo de dieta, no entanto, houve efeito ($p < 0,05$) entre as rações e frequência alimentar, que ficou caracterizado por não haver diferença entre as rações para a frequência mais baixa, embora tenha havido diferença significativa entre os CDA_{PB} das dietas, quando estas foram oferecidas 24 vezes ao dia. Em comparação com os outros tratamentos, a ração R32 apresentou o maior CDA_{PB} (93,30%), quando foi oferecida com maior

frequência (F24). O coeficiente de digestibilidade da matéria seca seguiu a mesma tendência do CDA_{PB} .

Apesar de ter havido diferença ($p < 0,05$) para os CDA entre a menor e a maior frequência alimentar dentro do método que utiliza o dióxido de sílica como marcador, os resultados indicam que não existiu diferença ($p > 0,05$) entre os métodos, quando se compara os CDA determinados com a sílica e os CDA determinados com o óxido de cromo III, dentro de uma mesma frequência de alimentação (Tabela 7).

4. DISCUSSÃO

Nos primeiros 60 dias de experimento, observou-se o baixo ganho de peso dos jundiás (Tabela 4). Provavelmente, isso tenha ocorrido porque o experimento foi conduzido em um período de transição entre inverno e primavera, quando as temperaturas oscilam devido a ocorrências de frequentes frentes frias. Neste período, a média de temperatura d'água oscilou entre 18 e 20°C (Fig. 1), que está abaixo da temperatura considerada ideal para criação desta espécie (PIEDRAS *et al.*, 2004). Aos 90 dias, apesar de continuar abaixo do ideal, a média de temperatura se elevou (22°C), e foi neste período que se observou um efeito entre frequência alimentar e as dietas testadas.

Quando a temperatura está fora da zona de conforto térmico dos peixes, neste caso abaixo do ideal, há redução no metabolismo dos peixes, o que compromete seu crescimento. Segundo Yamamoto *et al.* (2007), que avaliaram os efeitos do período de alimentação, da frequência alimentar, da temperatura da água e da composição da dieta sobre a digestibilidade de macro ingredientes de dietas oferecidas até a saciedade para truta (*Oncorhynchus mykiss*) e carpa (*Cyprinus carpio*), a diminuição da temperatura da água, foi um dos fatores que mais afetaram a digestibilidade da proteína da dieta. O mesmo foi observado por Castro *et al.* (2012), que não verificaram diferença significativa nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e no desempenho das rãs-touro *Lithobates catesbeianus* alimentadas em baixa e alta frequência alimentar, e constataram que a queda da temperatura diminuiu

o consumo da ração e isso influenciou no desempenho das rãs e na digestibilidade da ração.

Os peixes alimentados com menor frequência alimentar e com ração contendo o maior nível proteico (32% PB), apresentaram o maior ganho de biomassa no final do experimento. Portanto, presume-se que os jundiás alimentados com esta dieta apresentassem maior ganho de biomassa, independente da frequência de alimentação. No entanto, os peixes alimentados 24 vezes ao dia e que receberam ração com menor conteúdo proteico (28% PB), apresentaram o mesmo GB₉₀ dos jundiás que receberam ração com mais proteína.

Isso sugere que quando alimentados 24 vezes ao dia, os jundiás podem receber tanto a ração com menor teor proteico quanto com maior nível de proteína sem prejuízo ao seu crescimento. Neste sentido, o piscicultor que alimenta seus peixes com poucas refeições ao dia precisa utilizar uma ração com maior nível proteico, mas o produtor que oferece o alimento mais vezes ao dia pode optar por oferecer aos peixes tanto a ração com mais proteína quanto a com menos proteína.

Algumas pesquisas têm mostrado que a maior frequência alimentar melhora o desempenho dos peixes. Segundo Canton *et al.* (2007), os jundiás alimentados até a saciedade quatro vezes ao dia, cresceram mais que os alimentados uma, duas ou três vezes/dia. Resultados semelhantes também foram observados para outras espécies. De acordo Chiu *et al.*, (1987), o aumento da quantidade de refeições de quatro para oito, melhorou em 20% o crescimento e a eficiência alimentar do milkfish *Chanos chanos*, alimentados com duas taxas de alimentação (5 e 9% do peso vivo). Em estudos mais recentes verificou-se maior ganho de peso de tilápias alimentadas com 24 refeições/dia (SOUSA *et al.*, 2012) e maior peso final de rã-touro alimentadas 48 vezes/dia (CASTRO *et al.*, 2012).

No atual estudo, os jundiás alimentados com dieta menos proteica apresentaram melhor EAA e maior GB₉₀ quando a frequência alimentar passou de três para vinte e quatro refeições diárias. Contudo, a questão do por que os peixes alimentados com menor teor proteico terem sido beneficiados com o

aumento do número de refeições, e os peixes alimentados com ração de maior nível de proteína mais vezes ao dia, apresentassem o mesmo desempenho que os peixes que receberam a mesma dieta três vezes ao dia, não foi solucionada. A resposta pode estar relacionada com o fato de que a quantidade de alimento consumido depende da quantidade de energia contida na dieta, pois os animais se alimentam até saciarem suas necessidades energéticas (LOVELL, 1989; BERTECHINI, 2006; NRC, 2011). Então, se o nível de energia da dieta for alto a quantidade de ração consumida pelo peixe será menor.

Como, no presente estudo, as dietas foram formuladas para conter a mesma relação energia/proteína, então, provavelmente, o aumento da frequência alimentar foi o fator que permitiu que os jundiás alimentados com a dieta de menor nível proteico apresentassem o mesmo desempenho (GB₉₀ e EAA) dos peixes que receberam a ração com mais proteína. Assim, os peixes que receberam a ração com maior nível proteico e conseqüentemente com mais energia, supriram suas necessidades energéticas independente do número de refeições; já a exigência energética dos jundiás que receberam ração com menor nível proteico, só foi suprida quando estes foram alimentados mais vezes ao dia.

Resultado semelhante foi observado por Argentim *et al.* (2011), que encontraram interação entre tipo de ração comercial (carnívoro ou onívoro) e quantidade de refeições diárias, sendo que as rãs-touro alimentadas 48 vezes/dia com 2% do peso vivo de ração para peixe onívoro (menor nível proteico), aproveitaram melhor esta dieta quando comparadas com as que foram alimentadas menos vezes ao dia ou com as que receberam ração de carnívoro (maior nível proteico). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Lee *et al.* (2000). Segundo estes autores, os juvenis de *Paralichthys olivaceous*, quando alimentados até a saciedade com baixa frequência alimentar, crescem mais com dietas contendo maior nível de energia, mas quando alimentados mais vezes ao dia apresentaram maior ganho com dietas menos energéticas.

As rações comerciais normalmente têm seus preços estabelecidos de acordo com o nível proteico da dieta. Assim, uma ração com maior conteúdo proteico é vendida com preço mais alto do que uma ração com menor nível proteico. Portanto, a utilização da alta frequência alimentar (24 refeições/dia) é um manejo que, por proporcionar o melhor aproveitamento da ração com menores níveis proteicos e adequada relação entre energia e proteína, pode trazer benefícios econômicos, pois permite que o piscicultor forneça uma ração de menor custo sem comprometer o desempenho dos peixes. Tais benefícios foram observados por Sousa *et al.* (2012) para o cultivo de tilápias *Oreochromis niloticus*, criadas em tanque-rede. Segundo os autores, a distribuição da ração em pequenas porções e em 24 refeições ao dia permitiu melhor aproveitamento da dieta pelos peixes, os autores enfatizaram que isso poderia diminuir o custo de produção devido ao melhor aproveitamento da ração.

Os bons resultados de digestibilidade da proteína reforçam a idéia que o jundiá pode ser alimentado com dietas que contenham ingredientes de origem vegetal, apesar do intestino deste peixe ser curto. Estes resultados estão de acordo com encontrado por Rodrigues *et al.* (2012). Segundo estes autores, o jundiá possui capacidade de adaptar seu trato digestivo para aproveitar ingredientes de origem vegetal, apesar de outras espécies onívoras, como a tilápia, aproveitarem melhor este tipo de alimento. A capacidade do jundiá em digerir ingredientes vegetais, apesar de possuir intestino curto, reforça a ideia de que este peixe apresenta hábito alimentar onívoro com tendência a carnívoro (MORO *et al.*, 2010).

No presente estudo, o aumento da frequência alimentar de três para vinte e quatro vezes ao dia, proporcionou uma melhora da digestibilidade proteica da dieta R32 de 90,35 para 93,30% (Tabela 6) que está de acordo com o encontrado na literatura. Segundo Zhou *et al.*, (2003) quando a frequência alimentar passou de duas para 24 vezes ao dia houve melhora significativa de 92,77 para 95,43% do CDA_{PB} da dieta de *Carassius auratus gibelio*. Em sua pesquisa com surubins *Pseudoplatystoma sp.*, Alexandre (2010) demonstrou que mesmo quando se ofereceu uma taxa alimentar

excessiva (8% do peso vivo) houve melhora na digestibilidade da ração quando esta foi parcelada em 24 refeições.

Os resultados revelam que existe um efeito entre a frequência alimentar e a digestibilidade das rações. Quando se comparam os valores de CDA_{PB} e CDA_{MS} entre as duas dietas dentro da frequência mais alta, é possível observar que a dieta R32 foi mais digestível do que a dieta R28. Essa diferença da digestibilidade entre as dietas pode estar relacionada com a atividade das enzimas digestivas. Segundo Baldisserotto (2009), a atividade de enzimas digestivas pode diminuir se o peixe ficar em jejum, sendo que, se esta condição permanecer por vários dias pode levar mais tempo para a atividade retornar aos níveis normais, quando os peixes voltarem a se alimentar. Neste sentido, o maior número de refeições diárias pode contribuir para manter as atividades enzimáticas sempre em níveis adequados e com isso promover um melhor aproveitamento do alimento. Portanto, oferecer o alimento 24 vezes ao dia pode ser mais um fator para estimular a atividade de enzimas digestivas.

Além disso, os aminoácidos livres, suplementados na dieta, passam rápido pelo trato gastrointestinal e não são absorvidos pelo intestino no mesmo tempo que os aminoácidos da proteína da dieta, quando a ração é fornecida poucas vezes ao dia (LOVELL, 1989). Assim, o aumento da frequência alimentar pode aumentar as chances dos aminoácidos suplementados e dos aminoácidos presentes na proteína da dieta de se encontrarem no intestino para serem absorvidos. No presente estudo, apesar das dietas apresentarem relações entre proteína e aminoácidos (lisina, treonina e triptofano) parecidas, a dieta R32 foi suplementada com uma maior quantidade de aminoácidos sintéticos (Tabela 1) e, portanto, foi mais influenciada pelo aumento da frequência alimentar do que a dieta R28, que foi suplementada com menor quantidade de aminoácidos sintéticos. O resultado que reforça essa hipótese, é que a diferença da digestibilidade entre as rações só apareceu quando as mesmas foram oferecidas em 24 refeições ao dia (Tabela 6).

Os resultados mostram marcador interno (SiO_2) pode ser um possível substituto para o método que utiliza Cr_2O_3 como marcador para determinação de CDA_{PB} e CDA_{MS} , Esta informação está de acordo com Saleh *et al.* (2007)

que constatou não haver diferença entre estes métodos para determinação do coeficiente de digestibilidade de zinco (Zn), mas ressaltou a necessidade de outras pesquisas que comparem os métodos para determinação de digestibilidade de outros nutrientes. Castro *et al.* (2012) utilizou o marcador interno para determinação da digestibilidade de proteína, cálcio e fósforo e obteve como resultado valores próximos aos encontrados na literatura.

A utilização da sílica como marcador interno na ração por não haver a necessidade de incorporação na dieta, permite que seja realizada análise de digestibilidade de rações comerciais utilizadas em grandes quantidades nas pisciculturas, o que inviabiliza o acréscimo do marcador externo como o óxido de cromo. Assim, esta técnica poderia ser aplicada para averiguar a qualidade das rações que são usadas nas pisciculturas comerciais. Contudo, ainda são necessários mais estudos para recomendar a utilização deste método.

Para o presente estudo, concluiu-se que o aproveitamento das dietas foi melhor, quando os jundiás foram alimentados 24 vezes ao dia. Foi constatado que o marcador interno (SiO_2), apesar de ser potencial substituto para o marcador externo (Cr_2O_3) comumente usado nas determinações de digestibilidade, precisa ser testado por outros trabalhos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e equipe do laboratório AquaNutri pela ajuda no preparo das rações. Especial agradecimento ao professor Dr. Pedro de Magalhães Padilha por permitir a utilização do Laboratório do Departamento de Química e Bioquímica do IBB/Unesp-Botucatu-SP.

6. REFERÊNCIAS

Agostinho C.A., Lima S.L., Fortes J.V. & Guimarães M.A. (2004) *Dispensador automático de ração*. Patente de Invenção nº 0403612-3, INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), Brasil.

Alexandre, J.S. (2010) *Taxa de alimentação e frequência alimentar para surubins criados em tanque de rede: desempenho produtivo e digestibilidade de proteína*. Master's. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.

- Amorim M.P., Gomes B.V.C., Martins Y.S., Sato Y., Rizzo E. & Bazzoli N. (2009) Early development of the silver catfish *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (Pisces:Heptapteridae) from the São Francisco River Basin, Brazil. *Aquaculture Research*, **40**, 172-180.
- Argentim D., Agostinho C.A., Castro C.S., Ribeiro R.R., Novelli P.K. & Kunii E.M.F. (2011) Efeito de dois tipos de ração comercial distribuídas em baixa e alta frequência alimentar sobre o desempenho da rã-touro. In: ZOOTEC, 21st Congresso Brasileiro de Zootecnia. Maceió, 2011. Maceió, Brasil.
- Baldisseroto B. & Silva L.V.F. (2004) Qualidade da água. In: *Criação de Jundiá*. (ed. por B. Baldisseroto & J. Radünz Neto), pp.117-141. Ed. UFSM, Santa Maria.
- Baldissertto B. (2009) *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Ed. UFSM. Santa Maria, pp. 73-98.
- Barcellos L.J.G., Kreutz L.C., Quevedo R.M., Fioreze I., Cecirato L., Sosoia.B., Fagundes M., Conrad J., Baldissera R.K., Bruschi A. & Ritter F. (2004) Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. *Aquaculture*, **232**, 383-394.
- Bertechini A.G. (2006) Metabolismo de proteína. In: *Nutrição de monogástrico*. (ed. por A.G. Bertechini), pp.101-130, Ed. UFLA, Lavras.
- Bremer Neto H., Graner C.A.F., Pezzato L.E., Padovani C.R. & Cantelmo O.A. (2003) Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**, 249-255.
- Canton, R., Weingartner, M., Fracalossi, D. M. & Zaniboni Filho, E. (2007) Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 749-753.
- Carneiro P.C.F. & Mikos J.D. (2005) Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá *Rhandia quelen*. *Ciência Rural*, **35**, 187-191.
- Castro C.S., Agostinho C.A., Argentim D, Alexandre J.S., Oliveira L.C., Souza R.M.R. & Padilha M.P. (2012) Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency. *Aquaculture*, **326-329**, 123-128.
- Chiu Y.N., Sumagaysay N.S. & Sastrillo M.A.S. (1987) Effect of feeding frequency and feeding rate on the growth and feed efficiency of Milkfish, *Chanos chanos* Forsskal, juvenile. *Asian Fisheries Science*, **1**, 27-31.
- Cho, S. H. & Lovell, R. T. (2002) Variable feed allowance with constant protein input for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) cultured in ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, **204**, 101-112.
- Cunha M.A., Zeppenfeld C.C., Garcia L.O., Loro V.L., Fonseca M.B., Emanuelli T., Veeck A.P.L., Copatti C.E. & Baldisserotto B. (2010) Anesthesia of silver

catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. *Ciência Rural*, **40**, 2107-2114.

Fracalossi D. M., Zaniboni-Filho E. & Meurer S. (2002) No rastro das espécies nativas. *Panorama da Aqüicultura*, **12**, 43-49.

Freitas J.M.A., Sary C., Luchesi J.D., Feiden A. & Boscolo W.R. (2011) Proteína e energia na dieta de jundiás criados em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 2628-2633.

Garcia L.O., Becker A.G., Cunha M.A., Baldisserotto B., Copatti C.E. & Kochhann D. (2011) Effects of water ph and hardness on infection of silver catfish, *Rhamdia quelen*, fingerlings by *Ichthyophthirius multifiliis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, **42**, 399-405.

Giri S.S., Sahoo S.K., Paul B.N., Mohanty S.N. & Sahu A.K. (2011) Effect of dietary protein levels on growth, feed utilization and carcass composition of endangered bagrid catfish *Horabagrus brachysoma* (Gunther 1864) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, **17**, 332-337.

Graeff A., Tomazelli A. & Pruner E. N. (2006) Desenvolvimento corporal de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas completas contendo diferentes níveis de energia na fase de engorda. In: *4th Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*, Comunicación Científica. [online] Available at: <<http://www.revistaaquatic.com/civa2006/>>. [Accessed 10 October 2011].

Jobling M. (1994) *Fish bioenergetics*. pp.309, Chapman & Hall. London.

Johnson R.A & Winchern D.W. (2002) *Applied multivariate statistical analysis*. pp.767. Prentice-Hall. New Jersey.

Lee S., Cho S. H. & Kim D.J. (2000) Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). *Aquaculture Research*, **31**, 917-921.

Li M.H, Robinson E.H, Bosworth B.G., Oberle D.F & Lucas P.M. (2010) Effects of varying dietary compositions using common feed ingredients on growth and feed efficiency of pond-raised channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research*, **41**, 1133-1139.

Lopes P.R.S., Pouey J.L.O.F., Enke D.B.S., Martins C.R. & Timm G. (2006) Desempenho de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com diferentes níveis de energia na dieta. *Biodiversidade Pampeana*, **4**, 32-37.

Lovell R.T. (1989) *Nutrition and Feeding of Fish*. pp.260, Van Nostrand-Reinhold, New York.

Maffezzolli G. & Nuñez, A.P.O. (2006) Crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, **28**, 41-45.

Meyer G. & Fracalossi D.M. (2004) Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, **240**, 331-343.

Moraes P.M., Loureiro V.R., Padilha P. M., Neves R.C.F., Saleh M. A. D., Santos F.A. & Silva F.A. (2009) Determinação de fósforo biodisponível em rações de peixes utilizando extração assistida por ultra-som e espectrofotometria no visível. *Química Nova*, **32**, 923-927.

Moro G.V., Camilo R.Y., Moraes G., Fracalossi D.M. (2010) Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundia, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture Research*, **41**, 394-400.

MPA, (2010). *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2008-2009*. Ministério da Pesca e Aquicultura, Distrito Federal, Brasil. [online]. Available at: <<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/docs/anu%E1rio%20da%20pesca%20completo2.pdf>>. [Accessed 22 October 2011].

NRC (2011) *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academy of Sciences. Press Washington DC.

Oliveira F.A., Agostinho C.A., Sousa R.M.R. Lima S.L., Gonçalves H.C., Argentim D. & Castro C.S. (2009) Manejo alimentar com dispensador automático na recria de rã-touro. *Archivos de Zootecnia*, **58**, 589-592.

Piedras S.R.N., Moraes P.R.R. & Pouey J.L.O.F. (2004) Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, **30**, 177-182.

Reidel, A. (2007) *Níveis de energia e proteína na alimentação de alevinos de jundiá (Rhamdia quelen) criados em tanques-rede*. 76 f. PhD. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Reidel A., Romagosa E., Feiden A., Boscolo W.R., Coldebella A. & Signor A.A. (2010) Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 233-240.

Rodrigues A.P.O., Gominho-Rosa M.D.C., Cargin-Ferrira E., De Francisco A. & Fracalossi D.M. (2012) Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, **18**, 65-72.

Rotta M.A. (2003) *Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura*. p. 48, Embrapa Pantanal, Corumbá.

Saleh M.A.D., Neves R.C.F., Silva F.A., Loureiro V.R., Pezzato L.E. & Padilha P.M. (2007) Determinação da biodisponibilidade de zinco em rações de peixes utilizando SiO₂ como marcador interno. In: 44 *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Jaboticabal. 1 CD-ROM.

Sánchez J.A.M., Moyetones, F. & Cerdá M.J. (2009) Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. *Zootecnia Tropical*, **27**, 187-194.

Santinón J.J, Hernández D.R, Sánchez S & Domitrovic H.A. (2010) Duração da larvicultura sobre o desempenho posterior de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*, recriados em tanques-rede. *Ciência Rural*, **40**, 1180-1185.

Signor A., Signor A.A., Feiden A., Boscolo W.R, Reidel A. & Hayashi C. (2004) Exigência de proteína bruta para alevinos de jundiá *Rhamdia quelen*. *Revista Varia Scientia*, **4**, 79-89.

Sousa R.M.R., Agostinho C.A., Oliveira F.A., Argentim D., Novelli P.K. & Agostinho S.M.M. (2012) Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **64**, 192-197.

Willians W.J. (1979) *Handbook of anion determination*. pp.630, London: Butterworths.

Yamamoto T., Shima T., Furuita H., Sugita T. & Suzuki N. (2007) Effects of feeding time, water temperature, feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio*. *Fisheries Science*, **3**, 161-170.

Zar, J.H. (2009) *Biostatistical analysis*. 5 ed. pp.994. Prentice Hall. New Jersey.

Zarate D.D, Lovell R.T & Payne M. (1999) Effects of feeding and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Nutrition*, **5**, 17-22.

Zhou Z., Cui Y., Xie S., Zhu X., Lei W., Xue M. & Yang Y. (2003) Effect of feeding frequency on growth, feed utilization, and size variation of juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Journal of Applied Ichthyology*, **19**, 244-249.

7. TABELAS

Tabela 1 Ingredientes e composição nutricional calculada das dietas experimentais R28 e R32.

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Dietas</i>	
	R28	R32
Farelo de Soja,	28,41	28,75
Glúten de Milho-60	0,30	6,45
Farelo de Amendoim	22,50	25,00
Farelo de Trigo	9,91	3,75
Óleo de Soja	2,23	6,07
Quirera de Arroz	31,37	24,79
DL-metionina	0,30	0,32
L-lisina	0,11	0,32
L-treonina	0,00	0,02
Fosfato bicálcico	3,21	2,86
BHT	0,02	0,02
Suplemento Vitamínico Mineral ¹	1,50	1,50
Vitamina C ²	0,05	0,05
Sal comum (NaCl)	0,10	0,10
Total	100	100
<i>Composição nutricional calculada (%)</i>		
Proteína Bruta	28,00	32,00
Fibra Bruta	4,67	4,50
Extrato Etéreo	4,00	7,83
Cálcio	0,97	0,88
Fósforo total	1,00	0,91
Lisina	1,62	1,86
Metionina	0,60	0,68
Treonina	0,84	0,96
Tripitofano	0,30	0,30
Energia Digestível (kcal.kg ⁻¹)	2884	3296
ED/PB (kcal.g ⁻¹)	10,30	10,30

¹ Níveis de garantia do premix Guabi® para peixe: Ácido Fólico (Mín.) 10,0000 mg; Biotina (Mín.) 10,0000 mg; Cálcio 10,0000 g; Cobalto (Mín.) 0,5000 mg; Cobre (Mín.) 20,0000 mg; Colina (Mín.) 2.000,0000 mg; Ferro (Mín.) 150,0000 mg; Fósforo (Mín.) 8,0000 g; Inositol (Mín.) 350,0000 mg; Iodo (Mín.) 1,0000 mg; Magnésio (Mín.) 2,0000 g; Manganês (Mín.) 50,0000 mg; Niacina (Mín.) 170,0000 mg; Pantotenato de Cálcio (Mín.) 80,0000 mg; Selênio (Mín.) 0,7000 mg; Vitamina A (Mín.) 16.000,0000 UI; Vitamina B1 (Mín.) 32,0000 mg; Vitamina B12 (Mín.) 32,0000 mcg; Vitamina B2 (Mín.) 32,0000 mg; Vitamina B6 (Mín.) 32,0000 mg; Vitamina C (Mín.) 500,0000 mg; Vitamina D3 (Mín.) 4.500,0000 UI; Vitamina E (Mín.) 250,0000 UI; Vitamina K3 (Mín.) 30,0000 mg; Zinco (Mín.) 150,0000 mg.;

² Vitamina C StayC35 DSM-Roche®;

Tabela 2 Quadro da MANOVA para o peso dos jundiás de acordo com a dieta, a frequência alimentar e o momento de avaliação.

Dieta	Frequência Alimentar	Momento de Avaliação (dias)			
		Inicial	30	60	90
		Peso (g)			
R28	F3	45,92 (0,64)	60,94 (2,52)	73,73 (1,61)	79,13 (2,83)
R32	F3	45,48 (0,46)	60,26 (2,29)	75,53 (4,88)	82,28 (6,33)
R28	F24	45,72 (0,74)	59,90 (1,84)	73,18 (1,14)	77,52 (1,97)
R32	F24	45,72 (0,77)	62,11 (2,14)	75,40 (2,98)	80,56 (4,46)
<i>Hipótese estatística</i>		<i>Valor p</i>		<i>Conclusões</i>	
Paralelismo dos Perfis		p > 0,05		Os perfis médios são paralelos	
Coincidência dos Perfis		p > 0,05		Os perfis médios são coincidentes	
Efeito de Momento		p < 0,01		Inicial < M30 < M60 < M90	

Tabela 3 Quadro da MANOVA para ganho de biomassa (GB) de acordo com a dieta, frequência alimentar e o período de avaliação.

Dieta	Frequência Alimentar	Período de avaliação (dias)		
		0 a 30	0 a 60	0 a 90
		Ganho em Biomassa (g)		
R28	F3	473,79 (63,08)	851,63 (59,410)	997,760 (91,400)
R32	F3	490,86 (54,55)	975,67 (156,69)	1166,58 (193,79)
R28	F24	506,40 (80,19)	917,10 (83,390)	1035,30 (101,79)
R32	F24	564,02 (53,52)	960,84 (90,030)	1114,14 (88,550)
<i>Hipótese estatística</i>		<i>Valor p</i>	<i>Conclusões</i>	
Paralelismo dos Perfis		p < 0,05	Os perfis médios não são paralelos	
Efeito de Grupo/Período	P30	p > 0,05	Não há diferença entre grupos	
	P60	p > 0,05	Não há diferença entre grupos	
	P90	p < 0,05	R28F3 diferente de R32F3	
Efeito de Período/Grupo		p < 0,05	P30<P60<P90	

Tabela 4 Quadro da MANOVA para ganho de peso por peixe (GPP) de acordo com a dieta, frequência alimentar e o período de avaliação.

Dieta	Frequência Alimentar	Período de avaliação (dias)		
		0 a 30	0 a 60	0 a 90
Ganho de Peso (g.peixe-1)				
R28	F3	14,33 (2,26)	27,47 (1,61)	34,42 (3,08)
R32	F3	14,78 (2,04)	31,00 (5,14)	39,62 (6,98)
R28	F24	15,04 (1,97)	28,99 (1,77)	34,95 (2,54)
R32	F24	16,68 (1,61)	30,36 (2,72)	37,46 (4,02)
<i>Hipótese estatística</i>		<i>Valor p</i>	<i>Conclusões</i>	
Paralelismo dos Perfis		$p > 0,05$	Os perfis médios são paralelos	
Coincidência dos Perfis		$p > 0,05$	Os perfis médios são coincidentes	
Efeito de Período		$p < 0,05$	P30<P60<P90	

Tabela 5 Quadro da ANOVA para eficiência alimentar aparente (EAA), taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência (S) de acordo com a dieta e frequência alimentar.

Ração	Frequência Alimentar	EAA	TCE (%)	S (%)
R28	F3	0,48 (0,07) *	0,61 (0,04)	97,7 (97,2; 100)
R32	F3	0,57 (0,08)	0,66 (0,09)	100 (100; 100)
R28	F24	0,47 (0,04)	0,59(0,04)	100 (100; 100)
R32	F24	0,53 (0,05)	0,59(0,04)	100 (97,4; 100)
InteraçãoRxF		p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
R		p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05
F		p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

* (p < 0,05) R28xF3 diferente de R32xF3.

Tabela 6 Quadro da ANOVA da média dos coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDA_{MS}) e proteína bruta (CDA_{PB}) de acordo com a dieta e frequência alimentar, determinados com marcador interno (SiO₂).

Ração	Frequência Alimentar	CDAPB (%)	CDAMS (%)
R28	F3	87,44 (3,92)	63,29 (12,02)
R32	F3	90,35 (1,83)	73,65 (4,69)
R28	F24	88,71 (4,18) *	67,86 (12,21) *
R32	F24	93,30 (1,97)	80,43 (5,93)
Interação Rx F		p > 0,05	p > 0,05
R		p < 0,05	p < 0,05
F		p > 0,05	p > 0,05

* (p < 0,05) R28xF24 diferente de R32xF24.

Tabela 7 Quadro da ANOVA da média dos coeficientes de digestibilidade aparente da ração R32 para matéria seca (CDA_{MS}) e proteína bruta (CDA_{PB}) de acordo com método de determinação de digestibilidade e frequência alimentar.

Metodo	Frequência Alimentar	CDAPB (%)	CDAMS (%)
M(SiO ₂)	F3	90,35 (1,83) *	73,65 (4,69)
M(Cr ₂ O ₃)	F3	90,77 (1,27)	74,69 (3,99)
M(SiO ₂)	F24	93,30 (1,97)	80,43 (5,93)
M(Cr ₂ O ₃)	F24	91,69 (0,47)	76,30 (1,61)
Interação MxF		p > 0,05	p > 0,05
M		p > 0,05	p > 0,05
F		p < 0,05	p > 0,05

* (p < 0,05) F3xM(SiO₂) diferente de F24xM(SiO₂).

8. FIGURAS

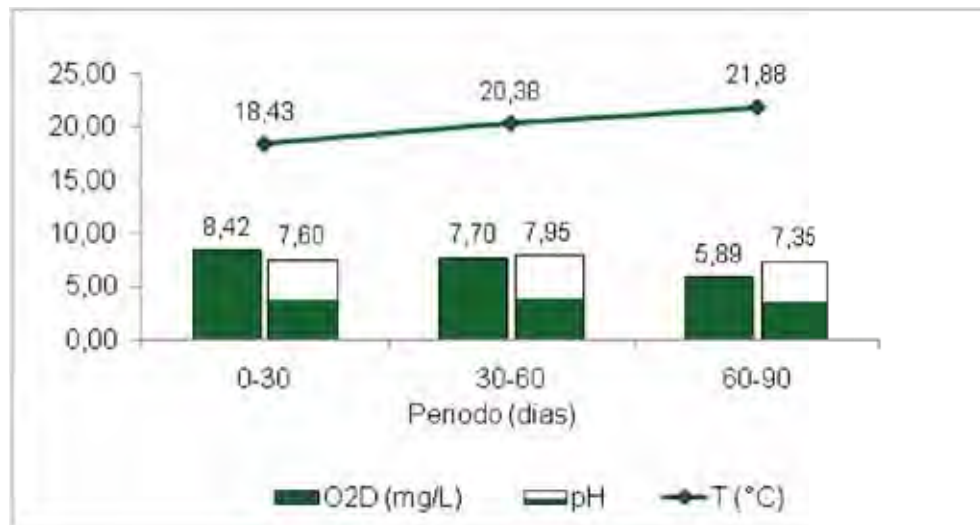


Figura 1 Médias de temperatura (T), oxigênio dissolvido (O2D) e potencial hidrogeniônico (pH) da água nos períodos de 0-30, 30-60 e 60-90 dias de experimento.

CAPITULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade aquícola cresceu nos últimos anos e para atender este crescimento é necessário a utilização de novas tecnologias. O alimentador automático permite diversas inovações no manejo alimentar, dentre as quais podemos citar o aumento da frequência alimentar.

Distribuir a ração aos jundiás com maior número de refeições pode ajudar os nutricionistas na busca de dietas com menor teor proteico, pois este manejo proporciona melhor aproveitamento e maior digestibilidade da proteína da dieta. Contudo, mais pesquisas precisam ser realizadas para que se tenha melhor compreensão dos efeitos da maior frequência alimentar sobre o aproveitamento dos nutrientes da dieta pelo jundiá.

O uso do dióxido de sílica como marcador interno para análises de digestibilidade de proteína e matéria seca se mostrou viável podendo ser utilizada para substituir o óxido de cromo. Esta técnica por não haver a necessidade de incorporação na dieta pode ser utilizada em pisciculturas comerciais para averiguar a qualidade das rações comercializadas.