

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Vagner Callai da Silva

**RESÍDUO INTERMEDIÁRIO DE DESTILARIAS DE ÁLCOOL DE
ARROZ EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Santa Maria, RS
2017

Vagner Callai da Silva

**RESÍDUO INTERMEDIÁRIO DE DESTILARIAS DE ÁLCOOL DE ARROZ EM
DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Leila Picolli da Silva

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Vagner Callai da
RESÍDUO INTERMEDIÁRIO DE DESTILARIAS DE ALCÓOL DE
ARROZ EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) / Vagner
Callai da Silva.- 2017.
56 f.; 30 cm

Orientadora: Leila Picolli da Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2017

1. Nutrição de peixes 2. Resíduos agroindustriais 3.
Arroz 4. Fontes proteicas vegetais 5. Concentrados
proteicos I. Silva, Leila Picolli da II. Título.

© 2017

Todos os direitos reservados a Vagner Callai da Silva. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a aceitação da fonte.

E-mail: vagnercallaidasilva@gmail.com

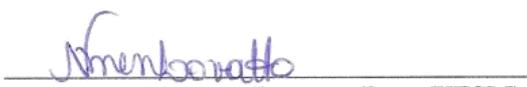
Vagner Callai da Silva

**RESÍDUO INTERMEDIÁRIO DE DESTILARIAS DE ÁLCOOL DE ARROZ EM
DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Aprovado em 14 de Julho de 2017:


Leila Picolli da Silva, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Naglezi de Menezes Lovatto, Dra. (UFSM)


Alexandra Pretto, Dra. (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais (**Joel e Maria Florinda**),
meu irmão (**Victor**),
minha família (**Callai e Silva**),
minha grande parceira e namorada (**Maíra**) e a
todos que de alguma forma ajudaram a desenvolver este trabalho, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Joel e Maria Florinda por sempre acreditarem e investirem no que é mais precioso para o ser humano (conhecimento), ao meu irmão Victor por estar sempre me apoiando no que precisava, à minha namorada Maíra pela paciência e força para ajudar a superar os obstáculos passados até aqui, agradeço de coração.

À Professora Dr^a Viviani Correia e Professor Dr Fábio por ter indicado e sugerido fazer o Mestrado nesta Instituição. À orientadora Professora Dr^a Leila Pícolli da Silva, pelas orientações, aprendizados, cobranças e tenho a dizer que cresci muito com este Mestrado tanto na vida profissional como na vida pessoal. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, agradeço.

Ao Professor Dr. João Radünz Neto pelos conhecimentos passados nas aulas, à Professora Dr^a Cátia pelas conversas e discussões mirabolantes que, de alguma forma, sempre me ajudaram na formação de conhecimento.

Ao Professor Cícero por ter disponibilizado as estruturas da Usina de Etanol do Colégio Politécnico, ao Seu José por ter auxiliado sempre que precisei, a Tatiana por ter disponibilizado a cozinha do laboratório de fruticultura para fazer os processos com o arroz.

À toda equipe de graduandos e Pós-graduandos do Laboratório de Piscicultura que ajudaram de forma excepcional no desenvolvimento deste trabalho, além da amizade que firmamos, e isto eu levarei sempre comigo.

À Professora Dr^a Naglezi por sempre auxiliar no que precisava, além de acompanhar este trabalho desde o início, pois avaliou o projeto, resultados e agora a defesa final, sou muito grato.

À Professora Dr^a Alexandra por fazer parte da banca avaliadora, e além disso, pelos conhecimentos adquiridos e a forte amizade.

Não sou de muitas palavras, mas só digo uma coisa: “Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido... Mas aquele que vai acompanhado, chega mais longe”.

MUITO OBRIGADO!!!!

RESUMO

RESÍDUO INTERMEDIÁRIO DE DESTILARIAS DE ÁLCOOL DE ARROZ EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

AUTOR: VAGNER CALLAI DA SILVA
ORIENTADOR: LEILA PICOLLI DA SILVA

Este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros zootécnicos, respostas metabólicas e deposição corporal de nutrientes de jundiás (*Rhamdia quelen*) em resposta à substituição parcial da farinha de peixe pelo resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz (RIDA). Ao todo 375 juvenis de jundiá ($3,56 \pm 0,6$ g) foram distribuídos em 15 caixas de 125 L (25 peixes/caixa) interligadas em um sistema de recirculação de água por um período de 60 dias. Foram formuladas três dietas isoproteicas e isoenergéticas (RIDA0: sem adição do RIDA, RIDA25 - 25% da PB da farinha de peixe substituída pela PB do RIDA e RIDA50 - 50% da PB da farinha de peixe substituída pela PB do RIDA). Os animais foram alimentados três vezes ao dia, até a saciedade aparente. Ao final do período experimental (60 dias), foram avaliados os parâmetros zootécnicos (comprimento total, peso final, ganho em peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, biomassa final e o consumo de alimento) e índices digestivo somáticos, hepatossomático e quociente intestinal. Também foram avaliados glicose, proteínas totais, albumina, colesterol total e triglicerídeos no plasma e glicose, glicogênio, proteínas e aminoácidos livres no tecido hepático. Além disso, foi avaliada a composição corporal de nutrientes (umidade, cinzas, gordura e proteína), deposição de proteína (DPC) e gordura corporal (DGC). Os animais alimentados com a ração RIDA0 apresentaram significativamente maior consumo total, seguido pelos tratamentos RIDA25 e RIDA50, respectivamente. Da mesma forma, foram encontradas diferenças para as variáveis peso final (PF), biomassa final (BF), ganho em peso (GP) e taxa de crescimento específico (TCE), onde os animais do tratamento RIDA0 apresentaram valores superiores quando comparado aos animais submetidos aos tratamentos RIDA25 e RIDA50 que, por sua vez, apresentaram redução significativa nestes parâmetros com a inclusão crescente do RIDA. A conversão alimentar (CAA) mais elevada foi observada para o tratamento RIDA50, diferindo dos tratamentos RIDA0 e RIDA25. Foram observados níveis mais elevados de glicose, proteínas totais e albumina plasmática nos peixes alimentados com a dieta RIDA50. Os níveis de glicogênio hepático, glicose, aminoácidos livres e proteína hepática foram mais elevados nos peixes alimentados com a dieta RIDA50 comparado aos animais que receberam as dietas RIDA0 e RIDA25. O tratamento RIDA0 apresentou o nível mais elevado de DPC, diferindo do tratamento RIDA50. Os demais parâmetros avaliados não diferiram entre si. Apesar do RIDA apresentar alta concentração de proteína, neste estudo, afetou negativamente o desempenho dos peixes. Diante disso, ainda são necessários novos estudos visando avaliar a qualidade da proteína deste ingrediente para aplica-lo de forma eficiente na nutrição de peixes.

Palavras-Chave: Concentrado proteico. Proteína de arroz. Álcool de cereais.

ABSTRACT

INTERMEDIARY RESIDUE FROM RICE ALCOHOL DISTILLERIES IN SILVER CATFISH (*Rhamdia quelen*) DIETS

AUTHOR: VAGNER CALLAI DA SILVA

ADVISER: LEILA PICOLLI DA SILVA

The present study aimed at assessing the zootechnical parameters, metabolic responses and body nutrient deposition in silver catfish (*Rhamdia quelen*) regarding partial substitution of fish meal to intermediary residue from rice alcohol distilleries (IRAD). A total of 375 silver catfish juveniles were distributed in 15 boxes of 125 L each (25 fish/box) connected with a water recirculation system during 60 days. Three isoproteic and isoenergetic diets (IRAD0: without IRAD addition, IRAD25 - 25% substitution of PB of fish meal with PB from IRAD, and IRAD50 - 50% substitution of PB of fish meal with PB from IRAD) were formulated. The animals were fed three times a day until apparent satiety. At the end of the experiment (60 days), zootechnical parameters (full length, total weight, weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio, final biomass and food intake) and somatic indexes digestivesomatic, hepatosomatic and intestinal quotient were evaluated. Glucose, total proteins, albumin, total cholesterol and triglycerides in the blood, and glucose, glycogen, proteins and free amino acids in the hepatic tissue were also evaluated. In addition, the body composition of nutrients (moisture, ash, fat and protein), protein deposition and body fat were evaluated. Animals fed the IRAD0 presented significantly higher ($P < 0.5$) total consumption, followed by treatments IRAD25 and IRAD50, respectively. Likewise, significant differences ($P < 0.05$) were found for the final weight (FW), final biomass (FB), weight gain (WG) and specific growth rate (SGR), where treatment animals IRAD0 presented the best values in animal performance when compared to those submitted to IRAD25 and IRAD50 treatments, which in turn presented a significant reduction with the increasing inclusion of IRAD. The highest feed conversion rate (FCR) was observed for the IRAD50 treatment, differing from the treatments IRAD0 and IRAD25. The highest levels of glucose, total proteins and plasmatic albumin were observed in fish fed with IRAD50. The levels of hepatic glycogen, glucose, free amino acids and hepatic protein were higher in fish fed with IRAD50 diet compared to the animals that received the IRAD0 and IRAD25 diets. The IRAD0 treatment presented the highest level of PD, differing from IRAD50 treatment. The other evaluated parameters did not differ between them. Even though IRAD presented a high protein concentration, for this study, it negatively affected fish performance. Thus, further studies on assessing the protein quality of IRAD are necessary in order to effectively apply it on fish nutrition.

Keywords: Protein Concentrate. Rice protein. Grain Alcohol.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 - Composição centesimal dos ingredientes das dietas experimentais.....	39
Tabela 2 - Formulação e composição das dietas experimentais.....	40
Tabela 3 - Composição de aminoácidos calculada com base na análise dos ingredientes.....	41
Tabela 4 - Desempenho de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA.....	42
Tabela 5 - Parâmetros plasmáticos e hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA.....	43
Tabela 6 - Composição centesimal e deposição de nutrientes em juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

RIDA	Resíduo Intermediário de Destilarias de Álcool de Arroz
DPC	Deposição de Proteína
DGC	Deposição de Gordura
PF	Peso Final
BF	Biomssa Fina
GP	Ganho em Peso
TCE	Taxa de Crescimento Específico
PB	Proteína Bruta
QI	Quociente Intestinal
IDS	Índice Digestivossomático
IHS	Índice Hepatosomático
DDGS	<i>Dried Distillers Grains with Solubles</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	15
3.1	PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES	15
3.2	PROTEÍNAS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES	16
3.2.1	Uso de proteínas de arroz	17
4	ARTIGO I	19
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXO A – Instruções para submissão do artigo na revista Aquaculture Nutrition	49

1 INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de proteína animal proveniente do pescado vem crescendo exponencialmente nas últimas duas décadas. Em nosso país, entre 2005 e 2015, a aquicultura registrou crescimento de 123% (EMBRAPA, 2015) com estimativas de aumento de 104% entre 2016 a 2025 (FAO, 2016). Esse fato incentiva o investimento de novas tecnologias voltadas à aquicultura, suportando sua demanda crescente e garantindo qualidade aos produtos ofertados para o mercado consumidor.

A nutrição de organismos aquáticos corresponde à maior parcela do investimento na piscicultura. Em sistemas intensivos de produção, as rações são a fonte exclusiva de nutrientes para os peixes, podendo representar até 70% dos custos de produção (CYRINO, 2012), o que exige o desenvolvimento de estudos que promovam sua eficiência com vistas ao máximo desempenho animal, custo compatível e maior sustentabilidade ambiental.

A farinha de peixe ainda é um dos ingredientes mais utilizado em dietas para animais aquáticos e terrestres devido ao equilibrado perfil de aminoácidos e ácidos graxos, palatabilidade, elevada digestibilidade e disponibilidade de nutrientes (HAN et al., 2016). Entretanto, o uso deste ingrediente está cada vez mais ameaçado devido a instabilidade nos preços e oferta (YAMAMOTO, SONODA e CYRINO, 2017). Dessa forma, faz-se necessário a busca por novos ingredientes que possam substituir a farinha de peixe, buscando atender às necessidades nutricionais dos animais e reduzir a competitividade por ingredientes clássicos usados em rações para outras espécies (HARDY, 2010; PRETTO et al., 2014).

Vários estudos têm demonstrado sucesso explorando fontes proteicas de origem vegetal na alimentação de peixes. Entre eles, o concentrado proteico de arroz é uma das fontes promissoras para uso na nutrição de peixes, pois pode substituir parcialmente a farinha de peixe em dietas de *Dicentrarchus labrax* (GÜROY et al., 2013), *Sparus aurata* (SÁNCHEZ-LOZANO et al., 2009) e *Oncorhynchus mykiss* (PALMEGIANO et al., 2006), sem causar problemas de desempenho para estas espécies.

Além destas fontes, o uso de resíduos agroindustriais torna-se viável para a nutrição de peixes, pois, além de não competir com fontes clássicas já utilizadas em outras produções, contribuem também para a redução de impactos ambientais (WANG et al., 2017; LOVATTO et al., 2014, 2017; GOULART et al., 2013, 2015). Resíduos gerados em destilarias de álcool que utilizam fontes amiláceas (por exemplo, quirera de arroz) são ricos em nitrogênio. Um deles ainda não explorado é um material sólido obtido após hidrólise enzimática do amido, que pode ser recuperado por filtração intermediária. Este resíduo apresenta considerada concentração de

proteínas verdadeiras, evidentemente com maior grau de pureza quando comparado ao resíduo final de todo o processo de obtenção do álcool, o que chama atenção para ser utilizado na nutrição de peixes. Nesse sentido, o presente estudo buscou avaliar a substituição parcial da farinha de peixe pelo resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz em dietas para jundiá.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência da substituição crescente da farinha de peixe pelo resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz (RIDA) em dietas para jundiá (*Rhamdia quelen*), mantendo a equivalência em proteína bruta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os parâmetros zootécnicos, bioquímicos, composição centesimal e deposição de proteína e gordura na carcaça de jundiás alimentados com substituição crescente da farinha de peixe pelo resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz (RIDA).

3 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

3.1 PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

As proteínas são substâncias orgânicas constituídas por aminoácidos unidos covalentemente entre si, por ligações peptídicas. Em sua estrutura básica, os aminoácidos possuem uma função amina e outra carboxila presas ao mesmo átomo de carbono (carbono alfa). Além disso, uma cadeia lateral ou grupamento radical varia sua estrutura, tamanho e carga elétrica. Este grupamento é responsável pela classificação dos aminoácidos em polares, ou seja, solúveis em água (ácido aspártico, ácido glutâmico, arginina, asparagina, cisteína, glicina, glutamina, histidina, lisina, serina e treonina) e apolares, insolúveis em água (alanina, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, prolina, tirosina, triptofano e valina). As células produzem muitas proteínas com diversas propriedades e atividades, ligando os mesmos aminoácidos, em combinações e sequências distintas, podendo gerar diferentes produtos, como por exemplo, enzimas, hormônios, anticorpos, transportadores, fibras musculares, entre outros (RIEGEL, 2012; NELSON e COX, 2014).

As proteínas são os principais constituintes orgânicos dos tecidos dos peixes, podendo representar até 75% do total de matéria seca corporal (PROTZ e FURUYA, 2013). Após sua digestão, as proteínas são hidrolisadas em aminoácidos livres, dipeptídeos e tripeptídeos, que, posteriormente serão absorvidos e distribuídos para os órgãos e tecidos por meio da corrente sanguínea para a formação de novas proteínas destinadas ao crescimento, bem como para a substituição das mesmas (renovação celular) (LIMA et al., 2015; HALVER e HARD, 2002). Salienta-se que a exigência nutricional dos peixes não é exatamente pela quantidade de proteína na dieta, mas pelo fornecimento adequado e balanceado de aminoácidos essenciais (RODRIGUES, BERGAMIN e SANTOS, 2013). Desta forma, o fornecimento de dietas compostas por ingredientes com proteínas de baixo valor biológico pode acarretar em carências nutricionais, refletindo-se no desempenho dos animais, resultando na utilização de suas reservas proteicas para a manutenção das funções vitais.

Segundo Ketola (1982), sinais notáveis em relação à deficiência de aminoácidos em peixes geralmente incluem crescimento reduzido, má conversão alimentar e redução do apetite. Entretanto, dietas ofertadas com excessos de proteína podem ocasionar redução da eficiência proteica, pois parte dos aminoácidos será utilizada para a síntese de proteínas corporais e o restante será rapidamente desaminado, liberando esqueletos carbônicos para serem oxidados e produzirem energia ou, em alguns casos, glicose ou lipídeos (BOMBARDELLI, MEURER e

SYPERRECK, 2003). Além disso, o grupamento amina dos aminoácidos oxidados deve ser excretado para não se tornar tóxico (NELSON e COX, 2014). A amônia é o principal produto final do metabolismo proteico da maioria dos peixes de água doce. O fígado é o principal órgão de produção de amônia, seguido pelo rim e tecido muscular, e a principal rota de excreção são as brânquias, responsáveis por aproximadamente 85% do efluxo amoniaco (BOMBARDELLI, MEURER e SYPERRECK, 2003).

Nesse sentido, a ingestão adequada de proteínas e aminoácidos é de grande importância para a nutrição dos peixes, pois os aminoácidos são exigidos tanto para repor proteínas degradadas como para formar novas proteínas (SAKOMURA et al., 2014). As dietas dos peixes podem ser compostas por diferentes tipos de ingredientes proteicos, variando seu valor biológico em função da composição em aminoácidos. As proteínas de alto valor nutricional são compostas por um equilíbrio adequado de aminoácidos essenciais, entre eles: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (MORAES e ALMEIDA, 2014). O excesso ou desequilíbrio aminoacídico poderá impactar na qualidade do pescado e na sustentabilidade ambiental, podendo causar eutrofização do meio aquático.

3.2 PROTEÍNAS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES

Os custos dos ingredientes proteicos, principalmente de origem animal, são significativamente mais elevados. Entre eles, a farinha de peixe ainda é a mais utilizada na elaboração de dietas para peixes pela sua palatabilidade, elevada digestibilidade para espécies carnívoras e onívoras e por possuir adequado perfil de aminoácidos essenciais. Além disso, outros nutrientes presentes na farinha de peixe são os ácidos graxos de cadeia longa (ômega-3), além de vitaminas como riboflavina, niacina, vitamina A e D e minerais como cálcio, fósforo, ferro, zinco, selênio e iodo (OLSEN e HASAN, 2012; PEZZATO, 1995). Em razão da grande demanda pela farinha de peixe a nível mundial, o custo continua aumentando e sua oferta está cada vez mais limitada devido a baixa captura de peixes de qualidade para a preparação de farinhas, redução dos estoques marinhos e preocupações éticas (DANI, 2017).

Nesse sentido, o foco atual entre os pesquisadores é a exploração de fontes proteicas vegetais a fim de reduzir a quantidade de farinha de peixe utilizada nas dietas, promovendo produções sustentáveis na aquicultura (CRAFT et al., 2016; DANI, 2017). A utilização de fontes proteicas vegetais em dietas para peixes vem sendo bastante estudada na última década (PALMEGIANO et al., 2006, 2007; DEPRÀ et al., 2009; TYSKA et al., 2013; HIEN et al.,

2016). No entanto, as proteínas vegetais apresentam certas desvantagens nutricionais em comparação à farinha de peixe, pois são conhecidas por conter fatores antinutricionais, afetando a saúde e a produção dos animais. Nesse sentido, a melhoria da qualidade nutricional dos produtos vegetais vem sendo alcançada através de diversos métodos que podem reduzir de forma expressiva a concentração de antinutrientes (OLSEN e HASAN, 2012; KROGDAHL et al., 2010; PRETTO et al., 2014).

Dentre os métodos que podem ser adotados para minimizar os fatores antinutricionais, há processos químicos que podem elevar a qualidade do produto. Segundo Bergamin et al. (2013), o processo de lavagem do farelo de soja com água acidificada (pH 1,0) reduziu a concentração de ácido fítico, tornando esse ingrediente mais viável para aplicação em dietas de peixes. Pretto (2013) observou melhorias no desempenho e sobrevivência de jundiás alimentados com dietas contendo farelos de tungue e crambe tratados quimicamente para a remoção de fatores antinutricionais, em relação aos farelos não tratados. Dessa forma, nota-se a importância do emprego de tecnologias viáveis para melhorar a qualidade e a empregabilidade de fontes vegetais nas dietas de peixes.

Vários estudos têm demonstrado resultados promissores substituindo parcialmente a farinha de peixe por fontes proteicas vegetais (DERSJANT-LI, 2002; GATLIN et al., 2007; KAUSHIK et al., 2004). Estudos prévios utilizando concentrado proteico de arroz em substituição parcial da farinha de peixe demonstram resultados positivos em dietas para *Dicentrarchus labrax* (GÜROY et al., 2013), *Sparus aurata* (SÁNCHEZ-LOZANO et al., 2009) e *Oncorhynchus mykiss* (PALMEGIANO et al., 2006). Segundo Palmegiano et al. (2007), esta fonte é promissora para uso na nutrição de peixes, pois pode ser comparável com a farinha de peixe contendo até 75% de proteína bruta e apresentar-se mais elevada do que a concentração da maioria das outras fontes vegetais com exceção de glúten de trigo (77-80%) e concentrados de proteína de ervilha (mais de 80%).

3.2.1 Uso de proteínas de arroz

Concomitantemente ao desenvolvimento de dietas contendo concentrações vegetais mais elevadas, o aumento do cultivo de espécies onívoras na produção aquícola é uma tendência, pois adaptam-se melhor a estas fontes (NAYLOR et al., 2009). Entre as espécies onívoras, o jundiá, alimentado com dietas contendo combinações entre fontes de origem animal e vegetal, apresenta melhor desempenho. Lazzari et al. (2007) verificaram que combinações de

farinha de carne/ossos ou farinha de peixe com farelo de soja proporcionaram bom crescimento para juvenis de jundiá.

Além das proteínas vegetais, resíduos agroindustriais também podem ser usados para substituir a farinha de peixe em rações para a aquicultura. Nesse contexto, o Rio Grande do Sul, por ser o maior produtor de arroz do Brasil, apresenta grande potencial para o desenvolvimento de destilarias de álcool que utilizam como base amilácea a quirera de arroz. Os resíduos gerados a partir das destilarias de álcool demonstram viabilidade de aplicação em rações para espécies de água doce (COYLE et al., 2004; LI et al., 2010). Os DDGS (*Dried Distiller's Grains with Solubles*) é um subproduto de cereais que é fermentado e destilado para a obtenção de bebidas alcoólicas (Figura 1). Segundo Choi, Rahman e Lee (2014), os DDGS de destilarias de arroz podem substituir até 25% dos ingredientes vegetais como o farelo de trigo e o farelo de glúten de milho, sem causar efeitos negativos no crescimento e nos parâmetros sanguíneos de *Pagrus major*.

Outro subproduto gerado a partir de destilarias de álcool de quirera de arroz é o material sólido obtido após hidrólise enzimática do amido (sacarificação), que pode ser recuperado antes de seguir para o processo de fermentação, por filtração intermediária, apresentando alta concentração de proteínas verdadeiras que poderão ser direcionadas para uso na nutrição animal.

4 ARTIGO I

Resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz em dietas para jundiá (*Rhamdia quelen*)

Vagner Callai da Silva^{1*}, Leila Picolli da Silva¹

¹Department of Animal Science, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. Roraima Avenue 1000, University City, Camobi, Santa Maria, RS, Zip Code: 97105-900, Brazil.

*Corresponding author. Tel.: +55 55 32208365.

E-mail address: vagnercallaidasilva@gmail.com

¹Artigo a ser submetido à revista Aquaculture Nutrition

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros zootécnicos, respostas metabólicas e deposição de nutrientes corporais em jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a três dietas isoproteicas e isoenergéticas substituindo parcialmente a PB da farinha de peixe pela PB do RIDA nas proporções 0, 25 e 50%. Ao todo, 375 juvenis de jundiá ($3,56 \pm 0,6$ g) foram distribuídos em 15 caixas de 125 L, alimentados três vezes ao dia até a saciedade aparente durante 60 dias. Ao final do período experimental, foram avaliados os parâmetros zootécnicos, IDS, IHS e QI, sanguíneos (glicose, proteínas totais, albumina, colesterol total e triglicerídeos), hepáticos (glicose, glicogênio, proteínas e aminoácidos livres). Também foi determinada a composição de nutrientes corporais (umidade, cinzas, gordura e proteína) e deposição de proteína e gordura. Os animais alimentados com a ração RIDA0 apresentaram significativamente maior ($P < 0,5$) consumo total. Foi observada redução ($P < 0,5$) nas variáveis de crescimento e deposição de PB para os peixes submetidos à dieta RIDA50. Níveis mais elevados para parâmetros sanguíneos e hepáticos também foram encontrados neste tratamento. Sendo assim, neste trabalho, sugere-se que a utilização do RIDA em dietas para jundiá mostrou-se ineficiente, tornando-se necessário estudos mais aprofundados visando avaliar a qualidade da proteína deste ingrediente.

Palavras-Chave: *Rhamdia quelen*. Álcool. Resíduos de destilarias. Arroz

1. INTRODUÇÃO

Frente ao crescimento exponencial da população, são necessários avanços na produção aquícola para atender a demanda de pescado destinado ao consumo humano. Em setembro de 2015, quando os estados membros das Nações Unidas adotaram a Agenda 2030, firmou-se pontos estratégicos para aquicultura em prol da segurança alimentar e uso sustentável dos recursos naturais, com incentivos econômicos e desenvolvimento social (FAO, 2016). Esses desafios incentivam o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à aquicultura, suportando sua demanda crescente e garantindo a qualidade de produtos ofertados ao mercado consumidor. Um dos pontos fundamentais para atingir a sustentabilidade na aquicultura é reduzir os custos de produção, sem prejudicar a oferta de pescado.

A nutrição dos organismos aquáticos corresponde à maior parcela do investimento na piscicultura podendo representar até 70% dos custos de produção (Cyrino, 2012). Entre os ingredientes mais onerosos estão os de origem animal, principalmente a farinha de peixe, com proteína de alto valor biológico, lipídeos e micronutrientes (Olsen e Hasan, 2012). Entretanto, o uso deste ingrediente está ameaçado pela instabilidade nos preços e oferta (Yamamoto, Sonoda e Cyrino, 2017). Dessa forma, faz-se necessário a busca por novas fontes alimentares a fim de substituir a farinha de peixe, buscando atender às necessidades nutricionais dos animais.

Atualmente, o foco entre os pesquisadores é a exploração de fontes proteicas vegetais, devido ao custo inferior e oferta anual, promovendo uma produção mais sustentável (Craft et al., 2016; Dani, 2017). Estudos prévios utilizando concentrado proteico de arroz em substituição parcial da farinha de peixe demonstram resultados positivos em dietas para robalo (*Dicentrarchus labrax*) (Güroy et al., 2013), dourada (*Sparus aurata*) (Sánchez-Lozano et al., 2009) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Palmegiano et al., 2006). Segundo Palmegiano et al. (2007), esta fonte é promissora para uso na nutrição de peixes, pois pode ser comparável com a farinha de peixe contendo até 75% de proteína bruta e apresentar-se mais elevada do que a concentração da maioria das outras fontes vegetais, com exceção de glúten de trigo (77-80%) e concentrados de proteína de ervilha (mais de 80%).

Além das fontes vegetais tradicionais, outras alternativas também são exploradas. Resíduos de destilarias de álcool ou DDGS demonstram viabilidade para uso como fonte protéica em rações para espécies de água doce (Coyle et al., 2004; Li et al., 2010). Segundo Choi, Rahman e Lee (2014), os DDGS de destilarias de arroz podem substituir até 25% dos ingredientes vegetais, como a farelo de trigo e a farelo de glúten de milho, sem causar efeitos negativos no crescimento e parâmetros sanguíneos de *Pagrus major*.

Outro subproduto ainda não explorado a partir de destilarias de álcool que utilizam arroz como base amilácea é o material sólido obtido após hidrólise enzimática de amido, que pode ser recuperado por filtração intermediária, apresentando alta concentração de proteínas verdadeiras, equivalentes ao concentrado proteico de arroz já utilizado por outros autores para uso na nutrição de peixes. Neste cenário, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os parâmetros zootécnicos, bioquímicos, composição centesimal e deposição de proteína e gordura na carcaça de jundiás alimentados com substituição crescente da farinha de peixe pelo resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz (RIDA).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. OBTENÇÃO DO RESÍDUO

O método utilizado foi baseado na moagem a seco da matéria prima, por ser o processo mais consolidado atualmente na produção de álcool nos Estados Unidos, correspondendo a 90% do total produzido (RFA, 2017). O processo foi realizado nas instalações da Usina Experimental do Colégio Politécnico da UFSM, onde a matéria-prima (quirera de arroz) seca foi moída e dispersa em água para formação do mosto (proporção de 1:10 p/v), sob agitação a 90°C durante 30 minutos, visando a pré gelatinização do amido para maximizar a ação das enzimas hidrolíticas. Em seguida, ocorreu a liquefação, onde foi adicionado ao mosto 2,4 ml/Kg da enzima α -amilase termoestável em pH 6,5 (Termamyl 2x - Novozymes / Lote: AYVD0065), ocorrendo a conversão do amido em oligossacarídeos (Kwiatkowski et al., 2006). Após este processo, o mosto foi resfriado até atingir 60°C, e o pH foi acidificado para 4,5 utilizando-se ácido clorídrico 1 N e adicionado 4,8 ml/Kg da enzima amiloglicosidase (AMG 300L Novozymes / Lote: AMS30084). Este processo é conhecido como sacarificação e durou 30 minutos, adaptando as recomendações de Kelsall e Lyons (2003).

Após a hidrólise enzimática do amido, a solução foi mantida em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente para ocorrer a decantação dos resíduos sólidos. A fase sólida, decantada, foi separada por filtragem em peneira de 300 μ m (Figura 1). Para reduzir a contaminação com os açúcares remanescentes, a massa sólida foi novamente dispersa em água a 60°C na proporção de 3:1 (v/p) e filtrada na mesma peneira. Após concluídas três lavagens, a massa foi distribuída em bandejas e congelada. Posteriormente, a massa congelada foi seca por meio de liofilização durante 48 horas. O material seco foi moído e armazenado em congelador para análises posteriores.

2.2. FABRICAÇÃO E FORMULAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Os ingredientes utilizados na formulação das rações foram analisados conforme metodologias recomendadas pela AOAC (1995) (Tabela 1). Três gramas de cada amostra foram pesados em balança de precisão de quatro casas e destinadas a estufa com temperatura constante a 105°C por *overnight* para determinação de matéria seca (número 31.1.02) (Tabela 1). A matéria mineral foi obtida por incineração da amostra seca a 550°C por 4 horas (número 31.1.04) (Tabela 1). A proteína bruta foi determinada pelo método de microKjedahl, onde $PB = N \times 6,25$ (Tabela 1). A fibra alimentar total foi obtida por método enzimico gravimétrico, segundo metodologia número 991.43 preconizada pela AOAC (1995) (Tabela 1). Para a determinação de gordura foi utilizada a metodologia de extração a frio por solventes mistos recomendado por Bligh e Dyer (1959) (Tabela 1).

A partir da análise bromatológica dos ingredientes, foram formuladas três dietas isoproteicas e isoenergéticas seguindo padrões nutricionais recomendados para a espécie (Meyer e Fracalossi, 2004) (Tabela 2). O perfil de aminoácidos foi calculado com base na análise da proteína de cada ingrediente seguindo recomendações de Montes-Girão e Fracalossi (2006), atendendo as exigências para o jundiá (Tabela 3). Os ingredientes usados na ração seguiram recomendação de Corrêia (2013), onde foi substituído a proteína da farinha de peixe (52,21% PB) pela proteína do RIDA (61,03% PB) nas seguintes proporções:

- RIDA0 - sem adição do RIDA;
- RIDA25 - 25% da PB da farinha de peixe substituída pela PB do RIDA;
- RIDA50 - 50% da PB da farinha de peixe substituída pela PB do RIDA.

Para a fabricação da ração, todos os ingredientes foram pesados, misturados manualmente e peletizados. Os peletes das rações foram secos em estufa de recirculação de ar forçado à 60°C durante 24 horas. Após, foram armazenadas em freezer (-18°C) até o final do período experimental.

2.3. LOCAL, INSTALAÇÕES E ANIMAIS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram realizados de acordo com as diretrizes aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa e Bem-Estar Animal da Universidade Federal de Santa Maria, protocolo número 2789270616.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria - RS (altitude 95 m, longitude 29°43'S,

latitude 53°42'W) durante 60 dias, em sala com temperatura ambiente controlada por climatizador de ar (12000 BTUs).

Foram utilizados, 375 juvenis de jundiá (25 peixes por caixa), com peso inicial de $3,56 \pm 0,6$ g e comprimento médio de $7,07 \pm 0,46$ cm foram distribuídos em 15 caixas de 125 L interligadas em sistema de recirculação de água composto por reservatório elevado de 2000 L, filtro UV, dois filtros biológicos com pedra britada e caixa de decantação contendo calcário. O recalque da água foi realizado por moto bomba centrífuga de 1/2 CV e a temperatura da água foi controlada por duas resistências de aquecimento de 2000W, com regulagem independente.

Os peixes foram adaptados por dez dias ao sistema de recirculação de água e ao manejo experimental. Durante os 60 dias de experimento, os animais foram alimentados três vezes ao dia (às 8h, 13h e 17h) até a saciedade aparente. As caixas foram sifonadas duas vezes ao dia (às 10h e 15h), para remoção de fezes e eventuais sobras de ração, para manter a qualidade da água.

2.4. QUALIDADE DA ÁGUA

A temperatura da água ($24,9 \pm 1,6$ °C) foi mensurada diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio. Semanalmente, foram determinados o oxigênio dissolvido ($7 \pm 0,5$ mg L⁻¹ O₂), pH ($7,6 \pm 0,23$), alcalinidade ($42,5 \pm 8,73$ CaCO₃ mg L⁻¹), dureza ($32 \pm 7,81$ CaCO₃ mg L⁻¹), amônia ($0,16 \pm 0,1$ ppm) e nitrito ($0,01 \pm 0,01$ ppm) da água, por kit colorimétrico Alfakit[®]. Estes valores permaneceram dentro da faixa ideal para o cultivo de jundiá (Baldisserotto e Silva, 2004).

2.5. PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Ao início do experimento, os peixes foram pesados e medidos individualmente para coleta de dados de peso e comprimento total. Além disso, dez peixes (amostra inicial) foram coletados para determinação da composição centesimal de carcaça.

Para avaliar o crescimento dos animais, foram realizadas duas medições (inicial e aos 60 dias). Os animais foram pesados e medidos para obtenção dos seguintes dados:

- Peso final (g);
- Biomassa total (BT) em g;
- Comprimento total (cm): é medido da extremidade da cabeça até o final da nadadeira caudal;

- Ganho em peso (g): $GP = (\text{peso final} - \text{peso inicial})$;
- Taxa de crescimento específico (%/dia): $TCE = (\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{dias} * 100$; onde: $\ln =$ logaritmo neperiano;
- Conversão alimentar aparente (CAA): calculada através da ração consumida em um período de tempo em relação ao peso obtido.

2.6. PARÂMETROS METABÓLICOS E ÍNDICES SOMÁTICOS

Aos 60 dias de experimento, foram coletadas amostras de sangue de dois peixes por unidade experimental (dez peixes por tratamento) através de punção na veia caudal, utilizando seringas previamente heparinizadas. O sangue foi armazenado em ependorf de 2 ml e centrifugado à 1000 g por 10 min. O plasma foi coletado para mensurar os níveis de glicose, proteínas totais circulantes, albumina, triglicerídeos e colesterol total, utilizando kits colorimétricos comerciais da marca Doles[®].

Após a coleta de sangue, os peixes foram abatidos (Avma, 2007) para obtenção do peso de carcaça, peso e comprimento do trato digestivo e peso de fígado. A partir destes resultados foram calculados os seguintes parâmetros:

- Quociente intestinal: relação entre o comprimento do intestino e o comprimento total do peixe;
- Índice digestivo somático (%): $IDS = (\text{peso trato} / \text{peso inteiro}) * 100$;
- Índice hepatossomático (%): $IHS = (\text{peso fígado} / \text{peso inteiro}) * 100$.

O fígado foi coletado para analisar a glicose (Park e Johnson, 1949), glicogênio (Bidinotto et al., 1997), proteína (Bradford, 1976) e aminoácidos livres (Spies, 1957).

2.7. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS ANIMAIS

Aos 60 dias de experimento, foram coletadas amostras de peixe inteiro (dois peixes/caixa) para as análises de umidade, cinzas e proteína bruta, seguindo as mesmas metodologias citadas anteriormente. A partir dos resultados encontrados foram calculadas:

- Deposição de proteína corporal (g): $DPC = [Pf * (\%PBCf/100)] - [Pi * (\%PBCi/100)]$.
- Deposição de gordura corporal (g): $DGC = [Pf * (\%GCf/100)] - [Pi * (\%GCi/100)]$;

Onde: PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; GCi: gordura corporal inicial; GCf: gordura corporal final; Pf = peso final; Pi = peso inicial.

2.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Todos os dados foram submetidos a teste de normalidade, (sendo considerados de distribuição normal aqueles que apresentaram $P > 0,05$), e análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os resultados obtidos para parâmetros hepáticos e plasmáticos foram convertidos para unidade/100g de peixe e submetidos a correlação bivariada de Pearson.

3. RESULTADOS

3.1. PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Os parâmetros de crescimento dos jundiás foram afetados negativamente com a substituição crescente da farinha de peixe pelo RIDA. Os animais alimentados com a ração RIDA0 apresentaram maior ($P < 0,05$) consumo total, seguido pelos tratamentos RIDA25 e RIDA50, respectivamente (Tabela 2). Da mesma forma, foram encontradas diferenças ($P < 0,05$) para as variáveis peso final (PF), biomassa final (BF), comprimento total (CT), ganho em peso (GP) e taxa de crescimento específico (TCE), onde os animais do tratamento RIDA0 apresentaram resultados superiores para estes parâmetros, quando comparado aos animais alimentados com RIDA25 e RIDA50 (Tabela 2). A conversão alimentar (CAA) mais elevada foi observada para o tratamento RIDA50, diferindo ($P < 0,05$) dos tratamentos RIDA0 e RIDA25, os quais, não diferiram entre si (Tabela 2).

Não foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para os índices digestivo somático (IDS) e hepatossomático (IHS) entre os tratamentos. Os animais alimentados com a maior concentração de RIDA (RIDA50) apresentaram menor valor de quociente intestinal (QI), diferindo ($P < 0,05$) dos demais tratamentos (Tabela 2).

3.2. PARÂMETROS BIOQUÍMICOS

Maiores níveis de glicose plasmática foram observados nos peixes alimentados com a dieta RIDA50 em comparação aos animais do tratamento RIDA0 (Tabela 3). Foram observados maiores ($P<0,05$) níveis de proteínas totais e albumina plasmática nos peixes alimentados com a dieta RIDA50.

Os jundiás alimentados com as dietas RIDA25 e RID50 não apresentaram diferença significativa ($P<0,05$) quanto à concentração de triglicerídeos no plasma, diferindo apenas do tratamento RIDA0 (Tabela 3).

Os níveis de glicogênio hepático, glicose, aminoácidos livres e proteína hepática foram maiores ($P<0,05$) nos peixes alimentados com a dieta RIDA50 comparado aos animais que receberam as dietas RIDA0 e RIDA25 (Tabela 3).

3.3. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS PEIXES

Foi observada redução significativa na deposição de proteína no corpo dos peixes (DPC) (Tabela 5). O tratamento RIDA0 se destacou apresentando o nível mais elevado de DPC, não diferindo ($P<0,05$) do tratamento RIDA25. Os demais parâmetros avaliados não diferiram entre os tratamentos (Tabela 5).

4. DISCUSSÃO

Estudos recentes demonstram resultados controversos quanto a substituição de fontes proteicas de origem animal por fontes vegetais. Goulart et al (2013) substituindo de farinha de peixe por farelo de linhaça demucilada, não observaram diferenças no crescimento, podendo substituir até 35% a proteína bruta da fonte de origem animal em dietas para juvenis de jundiás. Da mesma forma, Lovatto et al (2014) testando dietas contendo níveis de substituição da proteína bruta da fonte de origem animal por concentrados proteicos de farelo de girassol e crambe, observaram que os animais não aumentaram a massa corporal. Porém, outros estudos demonstraram efeitos negativos substituindo parcialmente as fontes proteicas de origem animal por fontes proteicas vegetais reduzindo o crescimento e consequentemente trazendo prejuízos para os animais (Slawski et al., 2011; Nagel et al., 2012).

Estas respostas podem estar associadas a desequilíbrios na concentração de aminoácidos, baixa digestibilidade e redução na palatabilidade destas fontes (Lin e Luo, 2011).

Os peixes alimentados com as dietas contendo RIDA reduziram o consumo ao mesmo tempo que aumentou a substituição, sugerindo que estes resultados podem estar relacionados à palatabilidade do RIDA, pois o tratamento RIDA0 apresentou o maior consumo ($765,86 \pm 53,86$ g), decrescendo linearmente ao aumento da substituição. No entanto, os resultados obtidos neste estudo com jundiá contrariam relatos avaliando a substituição parcial da farinha de peixe por concentrado proteico de arroz de uso comercial em dietas de *Oncorhynchus mykiss* (Palmegiano et al., 2006; Gai et al., 2012), *Pagellus bogaraveo* (Costanzo et al., 2011) e *Sparus aurata* (Sánchez-Lozano et al., 2009), onde não foram observadas alterações no consumo de alimento por estas espécies.

Em razão disso, os peixes dos tratamentos contendo RIDA reduziram o crescimento quando comparados aos animais submetidos a dieta RIDA0. A conversão alimentar do tratamento RIDA50 foi superior aos demais ($1,94 \pm 0,08$), tornando-se desvantajosa sua aplicação em rações para jundiá, uma vez que o animal necessita de maior quantidade de alimento para crescer. Boa parte dos estudos que avaliam a substituição crescente da proteína de origem animal por isolados proteicos e concentrados proteicos vegetais em dietas para peixes demonstram queda no crescimento dos animais, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo (Deng et al., 2006; Nagel et al., 2012; Güroy et al., 2013).

O jundiá possui comportamento alimentar onívoro e é definido por alguns autores com tendência à carnívora (Oliveira Filho e Fracalossi, 2006; Rodrigues et al., 2012). Esta espécie apresenta trato gastrointestinal simples, demonstrando-se muito semelhante ao de peixes carnívoros (Rodrigues et al., 2012). Os peixes onívoros apresentam plasticidade em seu trato gastrointestinal, podendo adaptar-se morfológicamente de acordo com a composição da dieta ofertada (Buddigton e Hilton, 1987). Dietas contendo níveis elevados de carboidratos podem aumentar o comprimento do intestino e, conseqüentemente, a absorção de glicose em alguns teleósteos (Baldisserotto, 2013). Estas adaptações, bem como o aumento das taxas de proliferação celular, hiperplasia e síntese proteica, podem ser compreendidas como uma tentativa de ampliar a área de contato com o alimento e, conseqüentemente, melhorar a absorção de nutrientes, refletindo em maiores valores de índice digestivo somático (IDS) e quociente intestinal (QI) (Leenhouwer et al., 2006).

Entretanto, espécies com intestino relativamente curto (carnívoros e alguns onívoros) aumentam sua capacidade absorptiva pela amplificação da dobra da mucosa (Moraes e Almeida, 2014), elevando o peso do trato e não aumentando o seu comprimento. Nesse sentido, os peixes alimentados com o tratamento RIDA50 apresentaram o menor QI, não obtendo diferença para

IDS, sugerindo que esses animais adaptaram o trato gastrintestinal de forma diferente dos animais tratados com RIDA0 e RIDA25.

Durante a fase de crescimento dos peixes, a síntese proteica pode ser responsável pela utilização de 42% do total de energia consumida, sendo o processo fisiológico de maior demanda energética (Moraes e Almeida, 2014). O jundiá, quando comparado à tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), apresenta menor capacidade na digestão de amido (Gominho-Rosa et al., 2015). Além dos carboidratos, é necessário a utilização de outras fontes de macronutrientes para suprir suas demandas energéticas e promover o crescimento. Os peixes são mais adaptados a utilizar proteína como combustível energético do que animais terrestres (NRC, 1993). Após a digestão das proteínas, o excesso de aminoácidos circulantes no plasma é rapidamente desaminado, liberando amônia para excreção e esqueletos carbônicos para oxidação e produção de energia ou, em alguns casos, conversão em glicose e lipídeos (Walton et al., 1985).

A gliconeogênese é um processo importante no estabelecimento da situação metabólica dos peixes, pois sua função é gerar glicose a partir de moléculas não glicídicas (Melo, 2004). Seus precursores são compostos de três carbonos como o lactato, o piruvato, o glicerol e aminoácidos (Nelson e Cox, 2014). A taxa de ocorrência da gliconeogênese mesmo em peixes alimentados é considerável, possivelmente reflexo da escassez de carboidratos em sua dieta natural (Halver e Hardy, 2002). Os resultados observados no presente estudo para os animais alimentados com as dietas contendo RIDA comprometeram o crescimento e provocaram alterações no metabolismo desses animais. Dietas com a concentração de aminoácidos desequilibrada afetam a performance do peixe, pois podem alterar as interações entre os aminoácidos, afetando a taxa de ingestão, o transporte e catabolismo deste nutriente, além de reduzir o crescimento, aumentar a conversão alimentar e diminuir o apetite dos animais (Lovell, 1989; Ketola, 1982).

Cowey et al. (1981) avaliando a substituição da farinha de peixe por glúten de milho ou caseína em dietas para trutas arco-íris, observaram condições favoráveis para a ocorrência da gliconeogênese, relacionando o aumento da concentração de aminoácidos disponíveis ao baixo valor biológico da proteína e, conseqüentemente, dificultando a síntese proteica pela falta de um ou mais aminoácidos essenciais. Segundo Palmegiano et al. (2006), o aumento na substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de arroz de uso comercial em dietas para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) apresenta redução na digestibilidade da proteína bruta. Porém, seu aproveitamento pode ser muito diferente entre as diversas espécies de peixes devido às particularidades digestivas, influenciando principalmente na absorção dos nutrientes.

Nesse contexto, a avaliação da digestibilidade das rações do presente estudo poderia explicar melhor os resultados observados.

As alterações no funcionamento dos órgãos e a adaptação do animal frente a desafios nutricionais, fisiológicos e desequilíbrios metabólicos de origem nutricional podem ser avaliadas por meio da composição bioquímica do plasma sanguíneo (Higuchi et al., 2011). A avaliação de glicose plasmática serve como indicador de distúrbios fisiológicos por ser a principal fonte de energia utilizada pelos peixes para suportar situações adversas (Morgan e Iwama, 1997). Os peixes do tratamento RIDA50 apresentaram os níveis plasmáticos mais elevados de glicose, proteínas totais e triglicérides, sugerindo adaptações em seu metabolismo conforme a quantidade de RIDA na dieta, atendendo prioritariamente suas necessidades basais e, por consequência, não se desenvolveram adequadamente quando comparados aos peixes do tratamento RIDA0.

A albumina plasmática tem como função transportar moléculas, entre elas, os ácidos graxos de cadeia longa, que servem de base para distribuir vários substratos ricos em energia pelo organismo (Baynes e Dominiczak, 2015). Os valores mais elevados de albumina foram observados nos peixes alimentados com o tratamento RIDA50, sugerindo que este aumento esteja relacionado ao transporte de ácidos graxos para serem oxidados e gerarem precursores de ATP nos tecidos.

O glicogênio é o meio dos animais armazenarem energia, em forma de polímeros contidos em grandes grânulos citosólicos, encontrados no fígado e no músculo esquelético, sendo sintetizado a partir do excesso de glicose (Nelson e Cox, 2014). A síntese de glicogênio hepático nos peixes baseia-se tanto na incorporação do excesso de glicose do sangue, bem como pela gliconeogênese, a partir de lactato e aminoácidos (Halver e Hardy, 2002). Os peixes do tratamento RIDA50 apresentaram aproximadamente o dobro da concentração de glicogênio hepático comparado aos peixes do tratamento RIDA0. Estes resultados sugerem o aumento da síntese de glicogênio, podendo ser observada pela correlação positiva com a glicose encontrada no fígado desses animais.

Segundo Bombardelli, Meurer e Syperreck (2003), os peixes em estado de jejum mobilizam primeiramente o pool de aminoácidos circulantes antes de mobilizarem os estoques de glicogênio hepático. Nesse sentido, a concentração mais elevada de aminoácidos livres no fígado foi observada também para os animais que receberam a dieta RIDA50, apresentando correlação positiva com a proteína total circulante no plasma, sugerindo que os animais estavam gerando glicose a partir de aminoácidos. Além disso, foi observado correlação positiva entre a proteína total circulante no sangue com a glicose no fígado, reforçando a hipótese de que os

animais do tratamento RIDA50 utilizaram também proteínas corporais como precursores para suprir suas necessidades energéticas basais, refletindo-se na menor deposição de proteína corporal.

5. CONCLUSÃO

Embora o resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz apresentar-se com alta concentração de proteína bruta (61%), faz-se necessário o desenvolvimento de novos estudos para ser aplicado na nutrição de peixes, pois reduziu o desempenho dos animais.

A manipulação física deste ingrediente ainda é uma lacuna a ser explorada, pois poderá tornar-se mais eficaz para aplicação em dieta de peixes.

REFERÊNCIAS

- AOAC, (1998). In P. Cunniff (Ed.), Official methods of analysis (16th ed.). USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AVMA, (2013). Association American Veterinary Medical. Guidelines on Euthanasia. Schaumburg, IL, USA.
- Baldisserotto, B., Silva, L.V.F., (2004). Qualidade da água. In: Criação do jundiá (Baldisserotto, B., Radunz Neto, J. eds), 73–94. UFSM, Santa Maria, RS.
- Baldisserotto, B. (2013). Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria, RS, Brazil: UFSM.
- Barbieri, G., Peret, A. C., & Verani, J. R. (1994). Notas sobre a adaptação do trato digestivo ao regime alimentar em espécies de peixes da região de São Carlos (SP). I. Quociente intestinal. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(1), 63-69.
- Baynes, J., & Dominiczak, M. H. (2015). *Bioquímica Médica*. Elsevier Brasil.
- Becker, A. G., Gonçalves, J. F., Garcia, L. O., Behr, E. R., Graça, D. L., Kurtz Filho, M., & Baldisserotto, B. (2010). Morphometric parameters comparisons of the digestive tract of four teleosts with different feeding habits. *Ciência Rural*, 40(4), 862-866.
- Bidinotto, P.M., Moraes, G., Souza, R.H.S., (1997). Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: a procedure for field determinations of micro samples. *Boletim Técnico do CEPTA Pirassununga*, 10, 53–60.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
- Bombardelli, R. A., Meurer, F., & Syperreck, M. A. (2003). Metabolismo protéico em peixes. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 7(1), 69-79.
- Bradford, M.M., (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1), 248–254.
- Buddington, R. K., & Hilton, J. W. (1987). Intestinal adaptations of rainbow trout to changes in dietary carbohydrate. *American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology*, 253(4), 489-496.
- Choi, J., Rahman, M. M., & Lee, S. M. (2014). Rice distillers dried grain is a promising ingredient as a partial replacement of plant origin sources in the diet for juvenile red seabream (*Pagrus major*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(12), 1736.

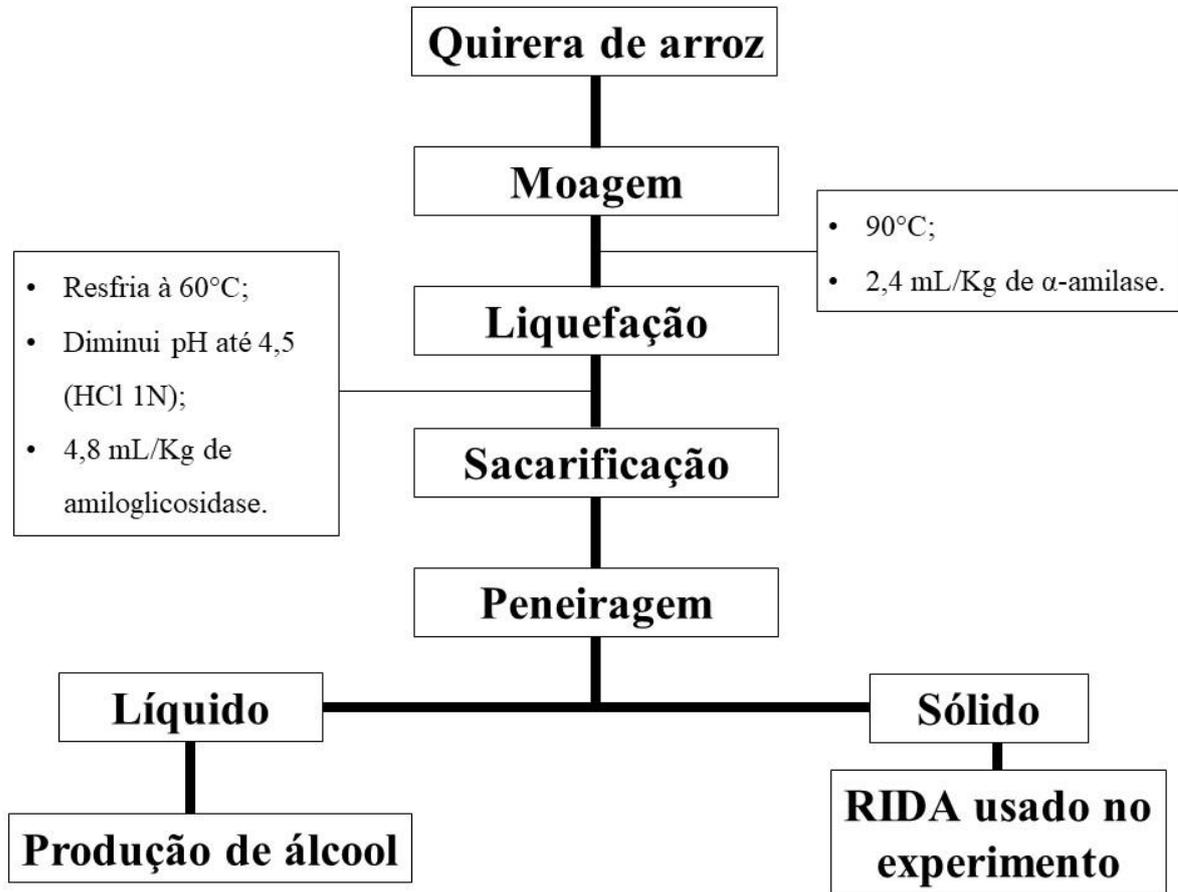
- Corrêia, V. (2013). Otimização de dieta referência para jundiá (*Rhamdia quelen*). Tese – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
- Costanzo, M., Palmegiano, G. B., Caruso, G., Gai, F., Daprà, F., Maricchiolo, G., & Genovese, L. (2011). Alternative Dietary Sources in Feeding of Blackspot Sea Bream *Pagellus bogaraveo* (Brunnich, 1768). *Open Marine Biology Journal*, 5, 12-23.
- Cowey, C. B., Cooke, D. J., Matty, A. J., & Adron, J. W. (1981). Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout. *The Journal of nutrition*, 111(2), 336-345.
- Coyle, S. D., Mengel, G. J., Tidwell, J. H., & Webster, C. D. (2004). Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with solubles. *Aquaculture Research*, 35(4), 365-370.
- Craft, C. D., Ross, C., Sealey, W. M., Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Fornshell, G., & Myrick, C. A. (2016). Growth, proximate composition, and sensory characteristics of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* consuming alternative proteins. *Aquaculture*, 459, 223-231.
- Cyrino, J. E. P. (2012). Manejo alimentar eficaz viabiliza aquicultura lucrativa e sustentável. Available at: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/>. (Verified on 14.09.2016).
- Dani, D. (2017). Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(1), 333-345.
- Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W., & Liufu, Z. (2006). Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 258(1), 503-513.
- FAO, (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA). Available at: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/2c8bcf47-2214-4aeb-95b0-62ddef8a982a/>. (Verified on 25.11.2016).
- Gai, F., Gasco, L., Daprà, F., Palmegiano, G. B., & Sicuro, B. (2012). Enzymatic and Histological Evaluations of Gut and Liver in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed with Rice Protein Concentrate-based Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(2), 218-229.
- Gominho-Rosa, M. C., Rodrigues, A. P. O., Mattioni, B., de Francisco, A., Moraes, G., & Fracalossi, D. M. (2015). Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch

- sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture*, 435, 92-99.
- Güroy, D., Şahin, İ., Güroy, B., Merrifield, D. L., Bulut, M., & Tekinay, A. A. (2013). Replacement of fishmeal with rice protein concentrate in practical diets for European sea bass *Dicentrarchus labrax* reared at winter temperatures. *Aquaculture Research*, 44(3), 462-471.
- Halver, J. E., & Hardy, R. W. (2002). Nutrient flow and retention. *Fish Nutrition*, 3, 755-770.
- Hidalgo, M. C., Urea, E., & Sanz, A. (1999). Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, 170(3), 267-283.
- Higuchi, L. H., Feiden, A., Maluf, M. L. F., Dallagnol, J. M., Zaminhan, M., & Boscolo, W. R. (2011). Avaliação eritrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos à dieta com diferentes níveis protéicos e energéticos. *Ciência Animal Brasileira*, 12(1), 70-75.
- Hummel, B.C.W., (1959). A modified spectrophotometric determination of qymotrypsin, trypsin and thrombin. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37, 1393-1399.
- Kelsall, D. R., & Lyons, T. P. (2003). Grain dry milling and cooking procedures: extracting sugars in preparation for fermentation. *The Alcohol Textbook, 4th ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK*, 9-21.
- Ketola, H. G. (1982). Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1), 17-24.
- Kunitz, M. T. (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor. *The Journal of General Physiology*, 30(4), 291-310.
- Kwiatkowski, J. R., McAloon, A. J., Taylor, F., & Johnston, D. B. (2006). Modeling the process and costs of fuel ethanol production by the corn dry-grind process. *Industrial crops and Products*, 23(3), 288-296.
- Leenhouders, J. I., Adjei-Boateng, D., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2006). Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. *Aquaculture Nutrition*, 12(2), 111-116.
- Li, M. H., Robinson, E. H., Oberle, D. F., & Lucas, P. M. (2010). Effects of various corn distillers by-products on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 188-193.

- Lin, S., & Luo, L. (2011). Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1), 80-87.
- Lovell, T (1989). Nutrition and feeding of fish. AVI Book, Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-275.
- Melo, J. F. B. (2004). Digestão e metabolismo de Jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares. Tese – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil.
- Meyer, G., & Fracalossi, D. M. (2004). Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, 240(1), 331-343.
- Montes-Girao, P. J., & Fracalossi, D. M. (2006). Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(4), 388-396.
- Moraes, G., & Almeida, L. C. (2014). Nutrição e aspectos funcionais da digestão de peixes. *BALDISSEROTTO, B. Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce. FUNEP, Jaboticabal*, 233-252.
- Morgan, J.D., Iwama, G.K., (1997). Measurements of stressed states in the field. In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P., Schreck, C.B. (Eds.), *Fish stress and Health in Aquaculture*. Society for Experimental Biology Seminar Series, vol. 62. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 247– 270.
- Nagel, F., von Danwitz, A., Tusche, K., Kroeckel, S., van Bussel, C. G., Schlachter, M., & Schulz, C. (2012). Nutritional evaluation of rapeseed protein isolate as fish meal substitute for juvenile turbot (*Psetta maxima* L.) - Impact on growth performance, body composition, nutrient digestibility and blood physiology. *Aquaculture*, 356, 357-364.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2014). *Princípios de Bioquímica de Lehninger* (p. 1328). Porto Alegre: Artmed.
- NRC National Research Council, (1993). Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington, DC, USA, 114 p.
- Oliveira Filho, P. R. C., & Fracalossi, D. M. (2006). Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4).

- Olsen, R. L., & Hasan, M. R. (2012). A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*, 27(2), 120-128.
- Palmeiano, G. B., Daprà, F., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., & Zoccarato, I. (2006). Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 258(1), 357-367.
- Palmeiano, G. B., Costanzo, M. T., Dapra, F., Gai, F., Galletta, M. G., Maricchiolo, G., & Genovese, L. (2007). Rice protein concentrate meal as potential dietary ingredient in practical diets for blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91(5-6), 235-239.
- Park, J.T.; Johnson, M.J., (1949). A submicro determination of glucose. *Journal of Biology Chemistry*, 181, 149-151.
- Rodrigues, A. P. O., Gominho-Rosa, M. D. C., Cargin-Ferreira, 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(1), 65-72.
- RFA, 2017. Ethanol Industry Outlook (2017). Climate of Opportunity. (Renewable Fuels Association). Available at: <http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2017/02/Ethanol-Industry-Outlook-2017.pdf>. (Verified on 14.06.2017).
- Sánchez-Lozano, N. B., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., & Cerdá, M. J. (2009). Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 298(1), 83-89.
- Slawski, H., Adem, H., Tressel, R. P., Wysujack, K., Kotzamanis, Y., & Schulz, C. (2011). Austausch von Fischmehl durch Rapsproteinkonzentrat in Futtermitteln für Steinbutt (*Psetta maxima* L.). *Zuchtungskunde*, 83(6), 451-460.
- Spies, J.R., (1957). Colorimetric procedures for amino acids. *Method Enzymol* 3:467-477.
- Walton, M. J. (1985). Aspects of amino acid metabolism in teleost fish. *Nutrition and Feeding in Fish*, 47-67.
- Yamamoto, F., Sonoda, D. Y., & Cyrino, J. E. P. (2017). Maximização do lucro na substituição de fontes proteicas na ração de juvenis de dourado. *Revista iPecege*, 3(1), 49-58.

Figura 1 - Fluxograma simplificado para obtenção do Resíduo Intermediário de Destilarias de Álcool de Arroz (RIDA)



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1 – Composição centesimal dos ingredientes das dietas experimentais

Composição (%)Ingredientes ¹					
	RIDA	FP	CPS	AM	CEL	MET
Matéria seca	88,06	92,47	88,95	NA	NA	NA
Proteína Bruta	61,03	52,21	60,81	NA	NA	100
Matéria Mineral	2,02	27,71	5,78	NA	NA	NA
Gordura	9,07	10,55	2,46	NA	NA	NA
FDN ²	37,91	NA	13,35	NA	100	NA
Fósforo	0,39	0,9	0,73	NA	NA	NA
Cálcio	0,21	0,3	0,38	NA	NA	NA
Amido	NA ⁴	NA	NA	88,2	NA	NA
Glicose	10,85	NA	NA	NA	NA	NA
ED ³	3611,84	3502,99	3285,57	3450	NA	NA

¹ RIDA: Resíduo intermediário de destilarias de álcool de arroz, FP: Farinha de peixe, CPS: concentrado proteico de soja, AM: amido de milho, CEL: celulose e MET: metionina;

² FDN: Fibra em detergente neutro (Van Soest et al., 1991);

³ Energia digestível calculada a partir dos ingredientes=[(PB*5640 kcal/kg*0,9)+(EE*9510 kcal/kg*0,85)+(CSDN*4110 kcal/kg *0,50)]/100 (JOBILING, 1983);

⁴ NA: Não Analizado.

Tabela 2 – Formulação e composição das dietas experimentais

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Dietas¹</i>		
	<i>RIDA0</i>	<i>RIDA25</i>	<i>RIDA50</i>
<i>RIDA</i>	-	8,55	17,12
<i>Farinha de peixe²</i>	40,00	30,00	20,00
<i>CPS³</i>	26,20	26,20	26,20
<i>Amido</i>	21,96	20,67	19,36
<i>Óleo de peixe</i>	0,00	1,00	2,00
<i>Óleo de soja</i>	2,10	2,10	2,10
<i>Mistura Vitamínica e Mineral⁴</i>	3,00	3,00	3,00
<i>Fosfato Bicálcico</i>	1,00	1,30	1,50
<i>Cloreto de Sódio (NaCl)</i>	0,25	0,25	0,25
<i>Calcário Calcítico</i>	1,00	0,85	0,65
<i>Metionina</i>	0,20	0,20	0,20
<i>Inerte (Celulose)</i>	4,29	5,88	7,62
<i>Composição</i>			
<i>Proteína bruta⁶</i>	37,01	37,01	37,02
<i>ED (kcal/kg)⁷</i>	3200,23	3218,99	3237,81
<i>Gordura⁶</i>	6,95	6,90	6,84
<i>Fósforo</i>	1,17	0,96	0,97
<i>Cálcio</i>	3,94	3,31	2,48
<i>FAT⁸</i>	24,1	23,62	24,63
<i>Glicose⁹</i>	0,82	2,01	3,80

¹ Dietas: RIDA0 = sem inclusão do RIDA; RIDA25 = 25% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA; RIDA50 = 50% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA.

² Resíduo da filetagem de tilápia – Copisces®, Toledo-PR.

³ Concentrado proteico de soja (60% proteína bruta) – Selecta®, Goiânia-GO.

⁴ Composição da mistura vitamínica e mineral (kg): Ácido fólico: 997,50 mg; Ácido Pantoténico: 9975,00 mg; Biotina: 159,60 mg; Cobalto: 39,90 mg; Cobre: 2800,00 mg; Etoxiquina: 24,78 g; Ferro 19,62 g; Iodo: 120,00 mg; Manganês: 5200,00 mg; niacina 19,95 g; Selênio: 119,70 mg; Vit A 1995000 UI; Vit B1 4987,50 mg; Vit B12 5985,00 mg; Vit B2 4987,50g; Vit B6 4987,50 mg; Vit C 70,00 g; Vit D3 198000,05 UI; Vit E 19950,00 UI; Vit K 997,50 mg; Zinco 28,00 g – Nutron® (Cargil), Campinas-SP.

⁵ Synth®, Diadema/SP.

⁶ Calculada a partir das análises dos ingredientes.

⁷ Energia digestível calculada a partir dos ingredientes=[(PB*5640 kcal/kg*0,9)+(EE*9510 kcal/kg *0,85)+(CSDN*4110 kcal/kg *0,50)]/100 (JOBLING, 1983).

⁸ Fibra alimentar total analisada;

⁹ Glicose solúvel em etanol 80% - analisada.

Tabela 3 – Composição de aminoácidos calculada com base na análise proteica dos ingredientes

<i>Aminoácidos (g/100g)</i>	<i>.....Diets¹.....</i>		
	<i>RIDA0</i>	<i>RIDA25</i>	<i>RIDA50</i>
Asparagina	3,22	4,21	5,19
Glutamina	6,99	8,6	10,22
Serina	5,52	5,79	6,06
Glicina	9,12	8,12	7,11
Histidina	2,57	2,63	2,69
Arginina	8,53	8,82	9,1
Treonina	4,86	4,68	4,5
Alanina	6,95	6,6	6,26
Prolina	7,87	7,34	6,81
Tirosina	3,62	3,89	4,16
Valina	5,38	5,57	5,75
Metionina + Cist.	3,78	3,85	3,92
Isoleucina	4,64	4,89	5,14
Ieucina	8,27	8,39	8,52
Fenilalanina	5,11	5,31	5,5
Lisina	7,02	6,41	5,8

¹Diets: RIDA0 = sem inclusão do RIDA; RIDA25 = 25% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA; RIDA50 = 50% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA;

Tabela 4 - Desempenho de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA

Variáveis*Dietas ¹ (%).....		
	RIDA0	RIDA25	RIDA50
CONS (g)	765,86±53,86 ^a	624,69±76,26 ^b	455,3±26,06 ^c
PF (g)	25,75±7,99 ^a	20,28±6,07 ^b	14,27±3,88 ^c
BF (g)	566,44±50,12 ^a	429,86±34,13 ^b	311,22±4,76 ^c
CT (cm)	14,49±1,40 ^a	13,46±1,46 ^b	11,96±1,12 ^c
GP (g)	22,79±2,23 ^a	16,93±1,85 ^b	10,59±1,13 ^c
TCE	3,33±0,14 ^a	2,91±0,16 ^b	2,25±0,06 ^c
CAA	1,54±0,02 ^c	1,58±0,07 ^b	1,94±0,08 ^a
IHS (%)	1,38±0,21	1,51±0,22	1,34±0,18
IDS (%)	3,25±0,27	3,45±0,42	3,25±0,26
QI	1,14±0,03 ^a	1,18±0,07 ^a	0,93±0,05 ^b

Médias ± EP (n=5) seguidas por letras diferentes e subscritas (a,b,c) na linha diferem estaticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);

¹ Dietas: RIDA0 = sem inclusão do RIDA; RIDA25 = 25% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA; RIDA50 = 50% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA;

* CONS= consumo total de ração no período experimental, PF= peso final, BF= Biomassa final, CTF= Comprimento total GP= ganho em peso no período experimental, TCE= taxa de crescimento específico, CAA= conversão alimentar aparente, IHS= índice hepato-somático, IDS= índice digestivo-somático e QI = quociente intestinal.

Tabela 5 – Parâmetros plasmáticos e hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA

Variáveis plasmáticasDietas (%) ¹		
	valores convertidos em unidade/100g de peso corporal		
	RIDA0	RIDA25	RIDA50
Glicose ²	118,94±8,76 ^b	135,85±15,41 ^{ab}	178,02±14,44 ^a
Proteínas totais ³	10,42±0,78 ^b	8,31±0,26 ^b	13,58±0,96 ^a
Albumina ⁴	1,78±0,13 ^b	1,89±0,07 ^b	2,45±0,16 ^a
Colesterol ⁵	393,74±25,54	341,20±26,61	463,07±46,82
Triglicerídeos ⁶	392,81±32,95 ^b	609,66±65,8 ^a	611,64±72,01 ^a
Variáveis hepáticas			
Glicogênio ⁷	11,30±0,8 ^b	13,66±0,71 ^b	20,35±1,74 ^a
Glicose ⁸	79,05±8,79 ^b	79,12±7,05 ^b	137,47±14,3 ^a
Aminoácidos livres ⁹	62,48±3,86 ^b	56,93±2,96 ^b	100,28±2,18 ^a
Proteína ¹⁰	40,04±2,5 ^b	38,82±2,55 ^b	57,99±6,38 ^a

¹Dietas: RIDA0 = sem inclusão do RIDA; RIDA25 = 25% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA; RIDA50 = 50% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA. Médias ±EP (n=10);

² mg/dL;

³ g/dL;

⁴ g/dL;

⁵ mg/dL;

⁶ mg/dL;

⁷ mmol de glicose liberada / g de tecido;

⁸ μmol de glicose/g de tecido;

⁹ μmol de AA/g de tecido;

¹⁰ mg de proteína /g de tecido.

Tabela 6 - Composição centesimal e deposição de nutrientes em juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pelo RIDA

VariáveisDietas (%) ¹		
	RIDA0	RIDA25	RIDA50
Umidade (%)	76,64±0,72	77,47±0,37	77,37±0,74
Proteína (%)	15,38±0,15	15,17±0,06	15,12±0,15
Gordura (%)	5,5±0,81	5,49±0,73	5,19±0,70
Cinzas (%)	3,19±0,03	3,4±0,08	2,97±0,17
DPC (g) ²	3,6±0,13 ^a	2,62±0,03 ^b	1,63±0,05 ^c
DGC (g) ³	1,13±0,10	1,02±0,17	0,75±0,16

¹ Dietas: RIDA0 = sem inclusão do RIDA; RIDA25 = 25% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA; RIDA50 = 50% da proteína bruta (PB) da farinha de peixe substituído pela PB do RIDA. Médias ± EP (n=10) seguidas por letras diferentes e subscritas (^{a,b,c}) na linha diferem estaticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);

² DPC= deposição de proteína corporal;

³ DGC= deposição de gordura corporal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMIN, G. T. et al. Digestibilidade aparente de farelos vegetais tratados para remoção de antinutrientes em dietas para jundiá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 928-934, 2013.
- BOMBARDELLI, R. A.; MEURER, F.; SYPPERRECK, M. A. Metabolismo protéico em peixes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 7, n. 1, p. 69-79, 2003.
- BROWN, P. B. et al. Protein feedstuffs originating from soybeans. **Alternative protein sources in aquaculture diets**. The Haworth press, Taylor and Francis group, New York, USA, p. 205-223, 2008.
- CHOI, Jin; RAHMAN, Md Mostafizur; LEE, Sang-Min. Rice distillers dried grain is a promising ingredient as a partial replacement of plant origin sources in the diet for juvenile red seabream (*Pagrus major*). **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 12, p. 1736, 2014.
- COYLE, S. D. et al. Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with solubles. **Aquaculture Research**, v. 35, n. 4, p. 365-370, 2004.
- CRAFT, C. D. et al. Growth, proximate composition, and sensory characteristics of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* consuming alternative proteins. **Aquaculture**, v. 459, p. 223-231, 2016.
- CYRINO, José Eurico Possebon. Manejo alimentar eficaz viabiliza aquicultura lucrativa e sustentável. *Visão Agrícola*, n. 11, p. 156, 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/276533/mod_resource/content/1/Pescado-Vis%C3%A3oAgr%C3%ADcola%2C%2011..pdf. Acesso em 14 out. 2015.
- DANI, D. Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 5, n. 1, p. 333-345, 2017.
- DAPRÀ, F. et al. Rice protein-concentrate meal as a potential dietary ingredient in practical diets for blackspot seabream *Pagellus bogaraveo*: a histological and enzymatic investigation. **Journal of Fish Biology**, v. 74, n. 4, p. 773-789, 2009.
- DERSJANT-LI, Y., 2002. The use of soy protein in aquafeeds. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G., Simoes, N. (Eds.), **Avances em Nutricion Acuicola VI**. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrcion Acuicola, 3 al 6 de Septiembre del 2002, Cancún, Quintana Roo, México.

EMBRAPA. **Aquicultura brasileira cresce 123% em dez anos**. 2016. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18797150/aquicultura-brasileira-cresce-123-em-dez-anos>>. Acesso em: 05 jun, 2017

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em 25 nov. 2016.

GAI, F. et al. Enzymatic and Histological Evaluations of Gut and Liver in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed with Rice Protein Concentrate-based Diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 43, n. 2, p. 218-229, 2012.

GATLIN, D. M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.

GOULART, F. R. et al. Atividade de enzimas digestivas e parâmetros de crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com farelo de linhaça in natura e demucilada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, 2013.

GOULART, F. R. et al. Alternative protein sources in nutrition and metabolism of jundiá: in nature and demucilaged linseed meal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 244-252, 2015.

HALVER, J.E.; HARDY, R.W. Nutrient flow and retention In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish Nutrition**. 3.ed. San Diego: Elsevier Science, p. 756-769, 2002.

HAN, D. et al. A revisit to fishmeal usage and associated consequences in Chinese aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, 2016.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770-776, 2010.

HIEN, T. T. T. et al. Effects of replacing fish meal with soya protein concentrate on growth, feed efficiency and digestibility in diets for snakehead, *Channa striata*. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 6, p. 3174-3181, 2017.

KAUSHIK, S. J. et al. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v. 230, p. 391-404, 2004.

KETOLA, H. G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 73, n. 1, p. 17-24, 1982.

KROGDAHL, A. et al. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 333-344, 2010.

LAI ME, E.M.O. et al. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 16-29, 2011.

LAZZARI, R. et al. Alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*, Heptateridae) com ingredientes protéicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, 2007.

LI, M. H. et al. Effects of various corn distillers by-products on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 188-193, 2010.

LIU, K., 2012. **Chemical Composition of DDGS, Distillers Grains**. In: Liu, K., Rosentrater, A. (Eds.), Production, Properties, and Utilization. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, pp. 143–178.

LIMA, C. S. et al. Nutrição proteica para peixes. **Ciência Animal**, v. 25, n. 4, p. 27-34, 2015.

LOVATTO, N. M. et al. Effects of diets containing vegetable protein concentrates on performance and activity of digestive enzymes in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 1071-1082, 2014.

LOVATTO, N. M. et al. Effects of phosphorylated protein concentrate of pumpkin seed meal on growth and digestive enzymes activity of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 1, p. 201-209, 2017.

MORAES, G.; ALMEIDA, L. C. (Org.). **Nutrição e Aspectos Funcionais da Digestão de Peixes**. In: BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce. Ed. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, p. 234, 2014.

NAYLOR, R. L. et al. Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.

NELSON, D.L.; COX, M. M. **PRINCÍPIOS DE BIOQUÍMICA DE LEHRINGER, 6. ed.** New York: W.H.Freeman and Company, 2014, 1220p.

OLSEN, R L.; HASAN, M. R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. **Trends in Food Science & Technology**, v. 27, n. 2, p. 120-128, 2012.

OUIFARD, A. et al. Fish meal replacement with rice protein concentrate in a practical diet for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931. **Aquaculture International**, v. 20, n. 1, p. 117-129, 2012.

OUIFARD, A. et al. Growth and apparent digestibility of nutrients, fatty acids and amino acids in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed diets with rice protein concentrate as total and partial replacement of fish meal. **Aquaculture**, v. 342, p. 56-61, 2012.

PALMEGIANO, G. B. et al. Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 258, n. 1, p. 357-367, 2006.

- PALMEGIANO, G. B. et al. Rice protein concentrate meal as potential dietary ingredient in practical diets for blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, n. 5-6, p. 235-239, 2007.
- PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS**, 1995, Campos de Jordão. Anais Campos de Jordão: Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz-Universidade de São Paulo (ESALQ), p. 34-52, 1995.
- PORTZ, L.; FURUYA, W. M. (Org.). Energia, Proteína e Aminoácidos. In:FRACALOSSI, D.M. e CYRINO, J.E.P. **Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para Aquicultura Brasileira**. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 65, 2013.
- PRETTO, A. et al. Farelo de tungue in natura ou detoxificado na alimentação de carpa húngara (*Cyprinus carpio*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.6, p.1891-1900, 2014.
- PRETTO, A. **Detoxificação de farelos de crambe e tungue e avaliação na resposta nutricional do jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- REFSTIE, S. et al. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. **Aquaculture**, v. 162, n. 3, p. 301-312, 1998.
- RIEGEL, Ernesto Romeo. **BIOQUÍMICA, 5. ed.** São Leopoldo: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2012, 637p.
- RODRIGUES, A.P.O.; BERGAMIN, G.T.; SANTOS, V.R.V. Nutrição e alimentação de peixes. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L.; ROSA, D.K.; TORATI, L.S.; SANTOS, V.R.V. (Eds.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**, 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. cap.6, p.171-214.
- SÁNCHEZ-LOZANO, N. B. et al. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). **Aquaculture**, v. 298, n. 1, p. 83-89, 2009.
- SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal, SP: Editora Funep, 2014. 676 p.
- SICURO, B. et al. Utilization of Rice Protein Concentrate in Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii Brandt*) Nutrition. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 15, p. 311-317, 2015.
- TYSKA, D. Concentrados proteicos vegetais na alimentação de jundiás (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1251-1257, 2013.

WANG, P. et al. Effects of dietary soy protein concentrate meal on growth, immunity, enzyme activity and protein metabolism in relation to gene expression in large yellow croaker *Larimichthys crocea*. **Aquaculture**, v. 477, p. 15-22, 2017.

YAMAMOTO, Fernando; SONODA, Daniel Yokoyama; CYRINO, José Eurico Possebon. Maximização do lucro na substituição de fontes proteicas na ração de juvenis de dourado. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 49-58, 2017.

ANEXO A – Instruções para submissão do artigo na revista Aquaculture Nutrition

Author Guidelines

Effective with the 2014 volume, this journal will be published in an online-only format. No printed issue of this title will be produced.

Manuscript Submission

Manuscripts should be submitted online at <http://mc.manuscriptcentral.com/anu>. Full instructions and support are available on the site and a user ID and password can be obtained on the first visit. Support can be contacted by phone (+1 434 817 2040 ext. 167), e-mail (support@scholarone.com) or at <http://mcv3support.custhelp.com>. If you cannot submit online, please contact Anette Hatland in the Editorial Office by telephone (+47 55905200) or by e-mail (an@nifes.no).

A covering letter must be included, signed by the corresponding author (i.e., the author to whom correspondence should be addressed), and stating on behalf of all the authors that the work has not been published and is not being considered for publication elsewhere. Authors are encouraged to suggest four potential referees for their manuscripts.

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve its grammar, spelling, punctuation, and clarity. Please visit the following website <http://wileyeditingservices.com/en/> to learn about the options. All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

Copyright

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

- CTA Terms and Conditions http://exchanges.wiley.com/authors/faqs---copyright-_301.html
- For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

- Creative Commons Attribution License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services http://exchanges.wiley.com/authors/faqs---copyright-_301.html and visit:

<http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by certain funders [e.g. The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) or the Austrian Science Fund (FWF)] you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements.

For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

Authors are responsible for obtaining permission to reproduce copyright material from other sources.

New: Online-only format

Effective with the 2014 volume, this journal will be published in an online-only format. No printed edition will be published. Your article will therefore appear online-only. All normal author benefits and services remain in place e.g. authors will continue to be able to order print

reprints of articles if required. Furthermore, there will be no cost to authors for the publication of colour images in the online-only edition.

Page Charges

Original research articles exceeding 8 pages when in proof will be subject to a page charge of GBP 100 per additional page. The first 8 pages will be published free of charge. An average 8-page article will have approximately 6200 words in manuscript, with approximately 5 figures or tables and 50 references. An invoice will be sent to authors for these charges upon publishing Online in an issue of their article. Invited and review articles are excluded from this rule. Download Page Charge Form.

Preparation of the Manuscript

All sections of the manuscript should be double-spaced and with 30mm margins. Articles are accepted for publication only at the discretion of the Editor(s). Authors will receive prompt acknowledgement of receipt of their paper and a decision will be reached within 3 months of receipt. A manuscript should consist of the following sections:

Title page

This should include: the full title of the paper; the full names of all the authors; the name(s) and address(es) of the institution(s) at which the work was carried out (the present addresses of the authors, if different from the above, should appear in a footnote); the name, address, and telephone and fax numbers of the author to whom all correspondence and proofs should be sent; a suggested running title of not more than fifty characters, including spaces; and six key words to aid indexing.

Main text

Generally, all papers should be divided into the following sections and appear in the order: (1) Abstract or Summary, not exceeding 150-200 words, (2) Introduction, (3) Materials and Methods, (4) Results, (5) Discussion, (6) Acknowledgements, (7) References, (8) Figure legends, (9) Tables, (10) Figures.

The Results and Discussion sections may be combined and may contain subheadings. The Materials and Methods section should be sufficiently detailed to enable the experiments to be reproduced. Trade names should be capitalized and the manufacturer's name and address given.

All pages must be numbered consecutively from the title page, and include the acknowledgements, references and figure legends, which should be submitted on separate sheets following the main text. The preferred position of tables and figures in the text should be indicated in the left-hand margin.

Units and spellings

Système International (SI) units should be used. The salinity of sea water should be given as g L⁻¹. Use the form g mL⁻¹ not g/mL. Avoid the use of g per 100g, for example in food composition, use g kg⁻¹. If other units are used, these should be defined on first appearance in terms of SI units, e.g. mmHg. Spelling should conform to that used in the Concise Oxford Dictionary published by Oxford University Press. Abbreviations of chemical and other names should be defined when first mentioned in the text unless they are commonly used and internationally known and accepted.

Scientific names and statistics

Complete scientific names should be given when organisms are first mentioned in the text and in tables, figures and key words. The generic name may subsequently be abbreviated to the initial, e.g. *Gadus morhua* L., otherwise *G. morhua*. Carry out and describe all appropriate statistical analyses.

References

List all sources in the reference list alphabetically by name. In text citations should follow the author-date method. This means that the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998), and a complete reference should appear in the reference list at the end of the paper.

References are styled according to the sixth edition of the Publication Manual of the American Psychological Association. A sample of the most common entries in reference lists

appears below. Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

Journal article:

Phelps, L. (1996). Discriminative validity of the WRAML with ADHD and LD children. *Psychology in the Schools*, 33, 5-12.

Book edition:

Bradley-Johnson, S. (1994). *Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school* (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed.

References should refer only to material listed within the text.

References in Articles

We recommend the use of a tool such as EndNote (<http://www.endnote.com/>) or Reference Manager (<http://www.refman.com/>) for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:

<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:

<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

Supporting Information

Supporting material that is too lengthy for inclusion in the full text of the manuscript, but would nevertheless benefit the reader, can be hosted as online-only content, linked to the online manuscript. The material should not be essential to understanding the conclusions of the paper, but should contain data that is additional or complementary and directly relevant to the article content. Such information might include the study protocols, more detailed methods, extended data sets/data analysis, or additional figures.

The materials considered as supporting data must be uploaded separately as such with the manuscript files during submission. Please indicate clearly the material intended as

Supplementary Data upon submission. Also ensure that the Supplementary Data is referred to in the main manuscript. Label these supplementary figures/tables as S1, S2, S3, etc. Full details on how to submit supporting data, can be found at:

<http://authorservices.wiley.com/bauthor/supinfo.asp>

Please note that these data will not be edited or altered from its original format during the Production process. Although a proof of your Supporting Information is not available, it will appear online when your article is published

Acknowledgements

These should be brief and must include references to sources of financial and logistical support.

Page Proofs and Reprints

Proofs will be sent via e-mail as an Acrobat PDF (portable document format) file. The e-mail server must be able to accept attachments up to 4 MB in size. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site: <http://www.adobe.com/prodindex/acrobat/main.html> This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs. Proofs must be returned to the Editor within 3 days of receipt, ideally by fax. Only typographical errors can be corrected at this stage. Major alterations to the text cannot be accepted.

Author Services

NEW: Online production tracking is now available for your article through Wiley-Blackwell's Author Services.

Author Services enables authors to track their article – once it has been accepted – through the production process to publication online. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article

automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

Offprints

Free access to the final PDF offprint of your article will be available via author services only. Please therefore sign up for author services if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers.

Early View

Aquaculture Nutrition is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in Online issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled Online issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After Online publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms.

Any author wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available [here](#).

Prior to acceptance there is no requirement to inform the Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Last updated: July 2013