

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

**EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE
JUNDIÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daniel Antonio Rotili

Santa Maria, RS, Brasil

2014

EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ

Daniel Antonio Rotili

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Prof. João Radünz Neto

Santa Maria, RS, Brasil

2014

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

Rotili, Daniel Antonio
Exigência em metionina para juvenis de jundiá. /
Daniel Antonio Rotili.-2014.
88 p. ; 30cm

Orientador: João Radünz Neto
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2014

1. Crescimento 2. Aminoácidos sulfurados 3.
Digestibilidade 4. Farinha de peixe 5. Nutrição I. Radünz
Neto, João II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Daniel Antonio Rotili. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: Daniel_rotili@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ

elaborada por
Daniel Antonio Rotili

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA

João Radünz Neto, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)

Maude R. de Borba, Dr. (UFFS)

Santa Maria, 14 de fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por tudo.

Agradeço a minha namorada e esposa, Daiane Micheli Bonacina, pelo presente que me concedeu, nosso filho Otávio que nasceu em meio ao mestrado, alegrando cada dia mais nossos dias, tornando um incentivo a mais, agradeço também pelo apoio incondicional em todos os momentos, pela paciência, compreensão, carinho e amor que me proporcionas-te durante todos os momentos.

Aos meus pais, Lucidio e Margarida Rotili, pelo apoio e incentivos, sem medir esforços em todas as horas, sempre dando força para continuar, tornando o caminho mais fácil e prazeroso. Aos meus irmãos Daiana e Wilson e ao meu cunhado Alcione que sempre estiveram juntos, nesta caminhada apoiando e motivando sempre.

Agradeço ao Professor e orientador João Radünz Neto pelos ensinamentos, amizade, pelo exemplo de pessoa e profissional, também pela confiança em mim depositada durante esta etapa.

Ao Professor e co-orientador Rafael Lazzari, pela insistência e conselhos desde a graduação e principalmente nesta etapa, sempre disposto a colaborar, ensinar e auxiliar em muitos momentos.

A Professora Leila Picolli da Silva, muito obrigado pela ajuda, ensinamentos e por estar sempre disposta a colaborar, para o melhor andamento das atividades.

A secretária Olirta Giuliani, pela amizade e auxílio durante todas as etapas do curso.

Aos antigos e atuais colegas do Laboratório de Piscicultura pela ajuda na condução dos experimentos, e principalmente pelo companheirismo, paciência e momentos de alegria durante este período no setor de piscicultura: Alexandra, Viviane, Suzete, Daniel Maschio, Suziani, Fernanda, Naglezi, Suzana, Dirleise, Patrícia, Taida, Lucas, Isadora, Silvano, Júlio, Jackson, Bruno, Caroline, Eduardo, Sérgio, Daniel Prois, Ana Betine e Maria. Espero não ter esquecido ninguém.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade concedida. Aos professores e funcionários pelo conhecimento repassado e pela atenção concedida.

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida. A Ajinomoto, pela doação dos aminoácidos sintéticos.

Muito obrigada a todos que ajudaram para a realização e conclusão de mais esta etapa.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ

AUTOR: DANIEL ANTONIO ROTILI

ORIENTADOR: JOÃO RADÜNZ NETO

Data e local da defesa: Santa Maria, 14 de fevereiro de 2014.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a digestibilidade de ingredientes e estimar a exigência nutricional em metionina para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). Para isso realizou-se um ensaio de digestibilidade determinando os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), dos ingredientes: farinha de jundiá (FJ), farinha de peixe comercial (FPC), farinha de carne e ossos (FCO), concentrado protéico de soja (CPS), maltodextrina (M), amido de milho (AM), gelatina (G) e caseína (C), para juvenis de jundiá (peso $35,45 \pm 12,1$ g), através de uma dieta referência (DR) e dietas-teste (dieta com 70% de DR mais 30% do ingrediente testado) contendo 0,3% de óxido de cromo como marcador inerte. Os coeficientes de digestibilidade foram ajustados para compensar as perdas parciais dos nutrientes por lixiviação pela água. Os ingredientes teste FPC, FJ, M, C e G apresentaram maior digestibilidade da MS, de 77,03 a 95,66%, já para PB o CPS apresentou menor digestibilidade (59,70%) comparado aos demais ingredientes FPC, FCO, FJ, G e C que foram de 87,19 a 99,59%, assim como para EB o CPS apresentou menor digestibilidade 71,59% não diferindo do AM com 73,59%, sendo os ingredientes FCO, FJ, FPC, G e C com maior digestibilidade, apresentando 82,70 a 85,79%. Posteriormente realizou-se ensaio de dose resposta para estimar a exigência de metionina de juvenis de jundiás (peso médio inicial de $3,26 \pm 0,3$ g e comprimento médio $7,17 \pm 0,27$ cm), utilizando 35 animais por unidade experimental, e quatro repetições. Seis rações isoproteica e isoenergética foram formuladas com seis níveis crescentes de metionina (0,9; 1,6; 2,3; 3,0; 3,7 e 4,4% na proteína bruta) mantendo constante o nível de cistina (0,19% na proteína bruta). Cada dieta foi distribuída aleatoriamente aos peixes, fornecida duas vezes ao dia (09:30 e 17:00 h), até a saciedade aparente, por 15 semanas. Os valores de ganho em peso relativo (GPR) e taxa de crescimento específico (TCE) aumentaram até o nível de metionina 3,0% ($P < 0,05$) e mantendo-se praticamente o mesmo posteriormente. A taxa de retenção proteica aumentou até o nível de metionina 2,3%, mas diminuindo no nível 4,4% ($P < 0,05$). A análise de regressão quadrática sobre o GPR e TCE indicou que os níveis ideais de metionina na dieta, recomendadas para o crescimento de juvenis de jundiá, são estimados em 3,59% e 3,46% na proteína bruta, respectivamente, mantendo o nível de cistina constante (0,19% na proteína bruta), correspondendo assim a 1,33 e 1,28% na dieta, ou um total de aminoácido sulfurado de 3,78 e 3,65% na proteína bruta, respectivamente.

Palavras-chave: Crescimento. Aminoácidos sulfurados. Digestibilidade. Farinha de peixe. Nutrição.

ABSTRACT

Animal Science Master Dissertation
Postgraduate Program in Animal Science
Federal University of Santa Maria

EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ

AUTHOR: DANIEL ANTONIO ROTILI

ADVISER: JOÃO RADÜNZ NETO

Date and Defense Place: Santa Maria February 14, 2014.

This work aimed to evaluate the digestibility of ingredients and estimate the nutritional requirement of methionine for juvenile catfish (*Rhamdia quelen*). For this a digestibility trial was carried out by determining the apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter (DM), crude protein (CP) and gross energy (GE) of ingredients: catfishes flour (FJ), commercial fishmeal (FPC) of meat and bone meal (MBM), soybean protein concentrate (SPC), maltodextrin (M), corn starch (AM), gelatin (G) and casein (C) for juvenile catfish (weight 35.45 ± 12.1 g), through a reference diet (RD) and test diets (diet with 70% of DR over 30% of the tested ingredient) containing 0.3% chromic oxide as an inert marker. The digestibility coefficients were adjusted to compensate for the partial loss of nutrients through leaching by water. Ingredients test FPC, FJ, M, C and G showed higher DM, 77.03 to 95.66%, for PB the CPS showed lower digestibility (59.70%) compared to the other ingredients FPC, FCO, FJ, G and C were 87.19 to 99.59%, as well as for EB the CPS showed lower digestibility 71.59% did not differ AM with 73.59%, being the ingredients FCO, FJ, FPC, G and C with higher digestibility, with 82.70 to 85.79%. Subsequently a dose response test was conducted to estimate the methionine requirement of juvenile catfish (initial weight of 3.26 ± 0.3 g and medium length 7.17 ± 0.27 cm), using 35 animals per experimental unit, and four replications. Six isoproteic and isocaloric diets were formulated with six increasing levels of methionine (0.9, 1.6, 2.3, 3.0, 3.7 and 4.4% crude protein) holding constant the level of cystine (0, 19% in crude protein). Each diet for fish were distributed randomly, provided twice daily (9:30 and 17:00) until apparent satiation, during 15 weeks. The values of relative weight gain (RWG) and specific growth rate (SGR) increased up to 3.0% of methionine ($P < 0.05$) and being kept virtually the same later. The rate of protein retention increased up to 2.3% methionine level, but decreasing in the 4.4% level ($P < 0.05$). The quadratic regression analysis on the RWG and SGR indicated that optimal levels of methionine in the diet recommended for the growth of juvenile catfish, are estimated at 3.59% and 3.46% in crude protein, respectively, and maintaining a constant level of cystine (0.19% in crude protein), thus corresponding to 1.33 and 1.28% in the diet, or total sulfur amino acid to 3.65 and 3.78% in the crude protein, respectively.

Keywords: Choline. Sulfur amino acids. Digestibility. Fishmeal. Nutrition.

LISTA DE FIGURAS

5. CAPITULO II

Figura 1 – Ganho em peso relativo (A) e Taxa de crescimento específico (B) de juvenis de jundiá alimentados com seis níveis de metionina, após 105 dias experimentais.....	59
---	----

LISTA DE TABELAS

3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Tabela 1 – Exigência em metionina, cistina e total de aminoácidos sulfurados (TAAS), para diferentes espécies de peixes.25

4. CAPÍTULO I

Tabela 1 – Composição bromatológica dos alimentos avaliados para o Jundiá.....30

Tabela 2 – Composição percentual das rações-referência e teste, utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para o Jundiá.....31

Tabela 3 – Coeficiente de digestibilidade aparente das dietas testes para o Jundiá. (Valores expressos em 100% da matéria seca)35

Tabela 4 – Coeficiente de digestibilidade aparente ajustado das dietas testes para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca).....36

Tabela 5 – Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca)37

Tabela 6 – Coeficiente de digestibilidade aparente ajustada de ingredientes para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca).....38

5. CAPÍTULO II

Tabela 1 – Composição das rações experimentais (g kg^{-1} da dieta).....53

Tabela 2 – Conteúdo de aminoácidos essenciais (AAE) e conteúdo de aminoácidos não essenciais (AANE)¹ das rações experimentais (g kg^{-1} da dieta).....54

Tabela 3 – Desempenho de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas58

Tabela 4 – Composição corporal e índices corporais de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas.60

Tabela 5 – Parâmetros sanguíneos de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas60

Tabela 6 – Parâmetros hepáticos de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas61

6. DISCUSSÃO GERAL

Tabela 1 – Exigência em metionina, cistina e total de aminoácidos sulfurados (TAAS), para diferentes espécies de peixes.	75
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AAEs	Aminoácidos essenciais
AANE	Aminoácidos não essenciais
AM	Amido
ACt	Alimento consumido total
ALT	Alanina aminotransferase
AAL	Aminoácidos livres
AST	Aspartato aminotransferase
C	Caseína
CAA	Conversão alimentar aparente
Cdieta	Cromo da dieta
Cfezes	Cromo das fezes
CDA	Coefficiente de digestibilidade aparente
CDAdieta	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta
CDAdieta ajust.	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta ajustado
CDAng. ajust.	Coefficiente de digestibilidade aparente do ingrediente ajustado
CDAdt ajust.	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta teste ajustado
CDAdr ajust.	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta referência ajustada
CDAaj	Coefficiente de digestibilidade aparente ajustada
CDAi	Coefficiente de digestibilidade aparente do ingredientes
CDAdt	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta teste
CDAdr	Coefficiente de digestibilidade aparente da dieta referência
CHO	Carboidrato
COL	Colesterol
CPS	Concentrado protéico de soja
TRP	Taxa de retenção protéica
DR	Dieta referência
DFJ	Dieta farinha de jundiá
DFPC	Dieta farinha de peixe comercial
DFCO	Dieta farinha de carne e ossos
DCPS	Dieta concentrado proteico de soja
DG	Dieta gelatina
DC	Dieta caseína
DM	Dieta maltodextrina
DA	Dieta amido
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EM	Energia metabolizável
EE	Extrato etéreo
FDN	Fibra em detergente neutro
FJ	Farinha de jundiá
FPC	Farinha de peixe comercial
FCO	Farinha de carne e ossos
FC	Fator de condição
GP	Ganho em peso
GPR	Ganho em peso relativo

GLC	Glicogênio
GLI	Glicose
IEA	Índice de eficiência alimentar
IHS	Índice hepatossomático
IDS	Índice digestivo-somático
lnPf	Logarítmo neperiano do peso final
lnPi	Logarítmo neperiano do peso inicial
M	Maltodextrina
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
%MSL	Pecentagem de matéria seca lixiviada
MSdr	Matéria seca dieta referência
MSing	Matéria seca do ingrediente
%NL	Percentagem de nutriente lixiviado
Ndieta	Nutriente da dieta
N _{AI}	Nutriente após imersão
%N _{Li}	Percentagem de nutriente lixiviado do ingrediente
%N _{Ldt}	Percentagem de nutriente lixiviado dieta teste
%N _{Ldr}	Percentagem de nutriente lixiviado dieta referência
N _{dt}	Nutriente dieta teste
N _{dr}	Nutriente dieta referência
N _{ing}	Nutriente ingrediente
N _{fezes}	Nutriente fezes
Pf	Peso final
Pi	Peso inicial
PB	Proteína bruta
PBCf	Proteína bruta corporal final
PBCi	Proteína bruta corporal inicial
PBc	Proteína bruta consumida
PROT	Proteína
RC	Rendimento de carcaça
SOB	Sobrevivência
TAAS	Total de aminoácidos sulfurados
TCE	Taxa de crescimento específico
TRIG	Triglicerídeos

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Instalações experimentais, (A) experimento de digestibilidade, (B) experimento de exigência nutricional.	86
ANEXO 2 – Processo de confecção das rações experimentais (A) Experimento de digestibilidade, (B) Experimento de exigência nutricional.....	87
ANEXO 3 – Biometrias	88
ANEXO 4 – Coleta de sangue	88
ANEXO 5 – Análises de rendimento e coleta de amostras.	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	17
3.1 Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	17
3.2 Digestibilidade dos ingredientes	17
3.3 Proteína	18
3.4 Metionina	20
3.5 Exigência Nutricional	22
4. CAPÍTULO I	26
4.1 Introdução	28
4.2 Material e métodos	30
4.3 Resultados	35
4.4 Discussão	39
4.5 Conclusão	42
4.6 Agradecimentos	42
4.7 Referências bibliográficas	43
5. CAPÍTULO II	48
5.1 Introdução	50
5.2 Material e Métodos	52
5.3 Resultados	58
5.4 Discussão	62
5.5 Conclusão	65
5.6 Agradecimentos	65
5.7 Referências bibliográficas	66
6. DISCUSSÃO GERAL	72
7. CONCLUSÕES GERAIS	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
9. ANEXOS	86

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção do setor aquícola brasileiro aumentou 31,2% durante o triênio 2008-2010, sendo a maior parcela representada pela piscicultura (82,3%), enquanto que a produção de pesca extrativista encontra-se estagnada e sem perspectiva de crescimento. Apesar do crescimento na produção, a balança comercial brasileira de pescado no ano de 2010 apresentou um déficit de US\$ 748 milhões, justificado pelo aumento no consumo per capita aparente de pescado nos últimos anos, passando de 7,62 kg para 9,73 kg nos anos de 1996-2010 (MPA, 2012).

A piscicultura brasileira é beneficiada pela grande quantidade de água continental existente no país com potencial para a aquicultura, favorecendo a implantação de sistemas aquícolas de regime intensivos, visando alta produtividade, por meio do uso exclusivo de ração, principal fonte de nutriente que deve ser nutricionalmente completa, podendo representar de 30 a 90% do custo de produção (WILSON, 2002). Desta forma, o alimento fornecido para os peixes deve estar nutricionalmente balanceado, ser altamente digestível, ecologicamente sustentável e economicamente viável. Dentro das exigências nutricionais, a proteína é considerada o nutriente de maior importância no alimento, por ser revertida em aminoácidos para reposição de tecidos, formação de novas proteínas durante crescimento e reprodução, síntese de enzimas, hormônios e deposição muscular, além de compor 65 a 75% do total da matéria seca dos peixes (WILSON, 2002). Além disso, as dietas devem ser formuladas de modo a buscar a maximização das taxas de retenção de nitrogênio e redução da excreção de resíduos nitrogenados, de modo a alcançar maiores índices de crescimento (SCHWARZ et al., 1998).

O não conhecimento dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes utilizados na formulação de rações para diferentes espécies de peixe, leva a formulação de dietas com super-dosagens, principalmente de proteína bruta, elevando sua ineficácia e aumenta o custo de produção, e poluição ambiental ou em sub-dosagens, que podem reduzir as taxas de crescimento e, de outras formas, o desempenho dos peixes (GONÇALVES e CARNEIRO, 2003).

A determinação da digestibilidade tem sido uma das principais ferramentas para avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, indicando o seu valor nutricional, assim como dos níveis de nutrientes não digeridos, que irão compor a maior parte dos resíduos acumulados no meio aquático (FURUYA et al., 2001). Sendo assim, o coeficiente de digestibilidade aparente é um dos principais parâmetros para avaliar o valor nutritivo dos alimentos, sendo calculado através da diferença entre a quantidade do nutriente ingerido e da quantidade do nutriente remanescente nas excreções fecais (BREMER NETO et al., 2003).

Níveis de proteína e composição de aminoácidos da dieta são fatores que influenciam o crescimento dos peixes. Desta forma, determinar a exigência dos aminoácidos essenciais para peixes cultivados é importante, devido aos efeitos destes nutrientes no custo de crescimento, na alimentação e poluição por excreção de nitrogênio (SMALL e SOARES, 1999).

Na busca por espécies adaptadas aos sistemas intensivos de produção, destaca-se o jundiá (*Rhamdia quelen*), por ser uma espécie de hábito alimentar onívoro, apresenta ótima aceitação à ração, com bom desenvolvimento quando bem manejado. Entretanto, estudos com esta espécie voltados à determinação da exigência de aminoácidos são escassos. A primeira tentativa de identificação das necessidades aminoacídicas do jundiá partiu de Meyer e Fracalossi (2005), que realizaram a estimativa das exigências em aminoácidos para a espécie, comparando-as com as exigências de outros peixes onívoros e com o perfil de aminoácidos corporal. Em seguida, Montes-Girao e Fracalossi (2006), através de dietas semipurificadas utilizando a metodologia de dose resposta, definiram a exigência em lisina para o jundiá, aplicando este resultado na fórmula de proteína ideal, estimaram a exigência dos demais aminoácidos para esta espécie. Porém, esta estimativa pode ser bastante genérica, podendo estes valores divergir quando comparados às informações obtidas em ensaios biológicos.

A metionina é aminoácido essencial exigido por vertebrados terrestres, bem como para várias espécies de peixes, influenciando no seu crescimento normal e nas funções metabólicas. É o primeiro aminoácido limitante em algumas fontes de proteína vegetal utilizada para a formulação de dietas de peixes, principalmente farelo de soja e concentrado proteico de soja (GOFF; GATLIN, 2004; BERGE et al., 2004). Pertence ao grupo dos aminoácidos neutros, precursora da cistina e da creatina. Não sendo sintetizada no corpo, é um aminoácido essencial, sendo imprescindível para o crescimento normal do organismo, é requerida para síntese protéica, além de vários outros processos metabólicos (RUCHIMAT et al., 1997).

Devido às características que apontam o jundiá como uma espécie promissora ao desenvolvimento da piscicultura na Região Sul do Brasil, associado à importância da metionina nos processos nutricionais e bioquímicos, aliado à carência de informações sobre seu impacto na nutrição, torna-se necessário estudos para determinar os níveis em exigência para metionina, visando a maximização das taxas de retenção de nitrogênio, de modo a alcançar maiores índices de crescimento para o jundiá e menor impacto ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Estimar a exigência nutricional em metionina para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*).

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar os coeficientes de digestibilidade para MS, PB e EB de ingredientes de dietas para o jundiá;
- Estudar o desempenho de juvenis de jundiá alimentados com níveis de metionina;
- Determinar a composição centesimal e taxa de retenção proteica de juvenis de jundiá;
- Avaliar a resposta metabólica dos juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de metionina.

3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

3.1 Jundiá (*Rhamdia quelen*)

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é pertencente à ordem Siluriformes, família Pimelodidae, gênero *Rhamdia*. De hábito alimentar onívoro, esta espécie é muito promissora para ser cultivada devido a sua resistência ao manejo, crescimento acelerado, inclusive no inverno em presença de baixas temperaturas, boa eficiência alimentar e, sobretudo, por apresentar carne saborosa, sem espinhas intramusculares e boa aceitação pelo mercado consumidor (BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004).

Apesar do jundiá apresentar grande potencial produtivo, são poucos os trabalhos referentes à nutrição disponíveis, quanto à exigência em proteína e energia (SIGNOR et al., 2004; LOPES et al., 2006; SALHI et al., 2004; REIDEL et al., 2010), vitaminas (BORBA et al., 2007; PEIL et al., 2007; TROMBETTA et al., 2006), além de fontes alimentares tradicionais como farinhas de origem animal e farelo de soja e também com fontes alternativas como as leveduras (COLDEBELLA e RADÜNZ NETO, 2002; LAZZARI et al., 2008), com apenas um trabalho determinando exigência em aminoácido, especificamente a lisina (MONTES-GIRAO e FRACALOSSO, 2006).

3.2 Digestibilidade dos ingredientes

A digestibilidade é um dos critérios adotados em estudos para avaliação da qualidade nutricional dos alimentos e da eficiência de dietas completas para animais, por meio da quantificação da fração do nutriente ou da energia absorvida do alimento que não é excretada nas fezes (NRC, 2011).

Os métodos para determinação dos coeficientes de digestibilidade incluem o método direto, que envolve a coleta total de fezes, e o indireto em que a coleta de fezes é parcial, utilizando-se marcadores como substância referência (BONFIM e LANNA, 2004). Devido à dificuldade na coleta total das fezes e a medição precisa da quantidade de alimento consumido, utiliza-se com maior frequência o método indireto de medição de digestibilidade, através da coleta parcial das fezes, utilizando-se um marcador indigestível na dieta (OLIVEIRA FILHO e FRACALLOSSI, 2006).

O marcador mais utilizado em estudos de digestibilidade em peixes é o óxido de cromo (Cr_2O_3), em função da inércia química em sistemas digestórios, sendo misturado nas dietas para posterior coleta das fezes e dosagem do conteúdo presente deste metal (BREMER NETO et al., 2003).

No tocante a digestibilidade de ingredientes em peixes deve-se considerar a fase de vida ou o tamanho, pois peixes jovens possuem comportamento fisiológico e digestivo diferenciado de adultos. Existem muitos estudos sobre digestibilidade de ingredientes para rações de peixes (BOSCOLO et al., 2002; PEZZATO et al., 2002; GONÇALVES e CARNEIRO, 2003; LANNA et al., 2004; OLIVEIRA FILHO e FRACALLOSSI, 2006; GLENCROSS et al., 2005), que demonstram diferença na eficiência digestiva entre espécies e entre alimentos.

3.3 Proteína

As proteínas são as macromoléculas mais abundantes que ocorrem em todas as células, além disso, exercem uma série de funções biológicas importantes, como o transporte dos gases O_2 e CO_2 , a resposta imunológica e a contração muscular (LEHNINGER, 2007). Os peixes consomem proteínas para obter aminoácidos, sendo a proteína digerida ou hidrolisada liberando aminoácidos livres, que são absorvidos no trato intestinal e distribuídos pelo sangue para órgãos e tecidos (WILSON, 2002).

Os aminoácidos apresentam uma estrutura típica composta de um átomo central de carbono, ao qual está unido um grupo carboxila ($-\text{COOH}$), um grupo amina ($-\text{NH}_2$), um átomo de hidrogênio e uma cadeia lateral, que determina a propriedade dos aminoácidos e sua classificação. Os aminoácidos neutros possuem muitos tipos de cadeia lateral alifática com ou sem ramificação, com anel aromático ou na forma de anel heterocíclico. No caso dos

aminoácidos básicos, existe um segundo grupo amino e, se houver um grupo carboxila na cadeia lateral, o aminoácido é do tipo ácido. Ainda de acordo com a cadeia lateral, os aminoácidos são classificados em polares, os quais são solúveis em água (lisina, arginina, histidina, ácido glutâmico, ácido aspártico) e apolares, que são insolúveis em água (alanina, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, prolina, triptofano e valina) (CHAMPE et al., 2009; NELSON e COX, 2008).

Aminoácido é a forma em que boa parte das proteínas são absorvidas, esta absorção ocorre na membrana apical do enterócito, em muitos peixes ocorre através de simportes aminoácidos/ Na^+ , transportadores não dependentes de Na^+ e por difusão. Estes irão compor diferentes tecidos e também atuarão na síntese de hormônios, enzimas, imunoglobulinas, hemácias, entre outras células.

Além da estrutura e processamento, a utilização das proteínas pelo peixe também dependerá do teor proteico da dieta, do equilíbrio entre aminoácidos e da energia disponível de carboidratos e lipídios. A proteína digerida ou hidrolisada libera aminoácidos livres, estes por sua vez serão absorvidos pelo epitélio intestinal, entrarão na circulação sanguínea e podem seguir duas vias: a anabólica, para a síntese de novas proteínas funcionais como enzimas, hormônios ou na formação e reposição de tecidos; ou a via catabólica, na qual as proteínas desaminadas proveniente da dieta ou do músculo produzirão esqueletos carbônicos usados como fonte de energia, sendo esta uma via indesejável (HEMRE et al., 2002; NELSON e COX, 2008).

A exigência em proteína para peixes é ainda maior que para os mamíferos terrestres, onde os ingredientes proteicos podem compor 60% das rações e, desse modo, devemos utilizá-la de maneira racional, pois sua insuficiência pode refletir na redução do crescimento, ou até mesmo na perda de peso, não atendendo a demanda mínima para as funções vitais (WILSON, 2002).

Porém, o desbalanço nutricional de tais nutrientes pode resultar em efeito antagônico ou tóxico (LOVELL, 1998). Ainda, tal desbalanço pode levar ao acúmulo ou redução de certos aminoácidos, sejam estes essenciais ou não, os quais podem limitar a assimilação de outros ou até mesmo levar à redução da síntese protéica ou outras atividades metabólicas (NRC, 2011).

O balanceamento dos aminoácidos nos mamíferos terrestres é obtido pelo conceito de proteína ideal, que é definida como o balanceamento exato de aminoácidos, de forma a atender às exigências de todos os aminoácidos para manutenção e produção, a partir da proposta de que cada aminoácido essencial seja expresso em relação a um aminoácido de

referência, a lisina. Este modelo vem sendo amplamente aplicado para a nutrição de peixes. Por outro lado, o conceito de proteína ideal pode ser adaptado a uma variedade de situações, pois, ainda que as exigências absolutas de certos aminoácidos possam mudar por diversas razões, as proporções permanecem estáveis (MACK, 1998).

A primeira tentativa de identificação das necessidades aminoacídicas do jundiá partiu de Meyer e Fracalossi (2005), que realizaram a estimativa das exigências em aminoácidos para a espécie, comparando-as com as exigências de outros peixes onívoros e com o perfil de aminoácidos corporal. Em seguida, Montes-Girao e Fracalossi (2006), com dietas semipurificadas e metodologia de dose resposta, definiram a exigência em lisina para o jundiá e aplicando este resultado na fórmula de proteína ideal estimaram a exigência dos demais 12 aminoácidos para esta espécie. Entretanto, o tecido muscular do jundiá apresenta um perfil aminoacídico diferente quando comparado a outras espécies de peixes, e sendo assim, suas exigências em aminoácidos podem diferir (MEYER e FRACALOSSO, 2005).

Assim, não restam dúvidas de que estudos sobre exigências nutricionais em aminoácidos para o jundiá ainda são escassos, e novos estudos são fundamentais para o desenvolvimento de rações de alto valor nutricional, que propiciem vantagens econômicas na criação de peixes, bem como diminuindo os danos ao meio ambiente causado por desbalanço dietético.

3.4 Metionina

Pesquisas visando à determinação das exigências para espécies de peixes demonstram que estes requerem os mesmos 10 aminoácidos essenciais que os mamíferos, e as deficiências geralmente estão relacionados à redução do ganho de peso ou, em algumas espécies de peixes, a certas patologias, como catarata em trutas (WILSON, 2002).

A metionina é um aminoácido essencial e um dos mais limitantes para os peixes (LOVELL, 1998). Além de ser o primeiro aminoácido limitante em algumas fontes de proteína vegetal utilizada na formulação de dietas para peixes (GOFF e GATLIN, 2004).

A metionina é um dos aminoácidos codificados pelo código genético sendo componente das proteínas dos seres vivos. É um códon de iniciação na síntese proteica. Para a formação de uma proteína, este códon do DNA é lido em primeiro lugar pela célula, marcando o ponto de início da síntese. É aminoácido importante que auxilia no início da

tradução do RNA mensageiro, sendo o primeiro aminoácido incorporado na posição terminal-N de todas as proteínas. Pertence ao grupo dos aminoácidos neutros que contém enxofre, servindo de fonte de enxofre para a cisteína em animais e seres humanos, sendo considerada aminoácido essencial.

A importância da metionina está no fato de a mesma fornecer enxofre para muitos componentes celulares, contribuir com o grupo metil nos processos de transmetilação necessários a formação de proteínas, e por ser usada na biossíntese de colina e tiamina, além de ser convertida em cistina (ALAM et al., 2000).

A metionina provem da dieta ou da degradação de proteínas endógenas, sendo metabolizada principalmente no fígado. O primeiro passo no metabolismo desse composto é a formação de S-adenosilmetionina (AdoMet), em uma reação catalisada pela enzima metionina adenosiltransferase (MAT). A AdoMet por sua vez, é convertida em S-adenosil-homocisteína (AdoHcy) ao doar grupos metila a diversos compostos como DNA, RNA, fosfolipídios e catecolaminas. Além de participar dessas reações de transmetilação, a AdoMet pode sofrer descarboxilação formando as poliaminas. O próximo passo é a hidrólise de AdoHcy em adenosina e homocisteína, através da enzima S-adenosil-homocisteínahidrolase (FINKELSTEIN, 1990; MUDD et al., 2001).

A homocisteína formada pode ser metabolizada pelas vias de remetilação e transulfuração. Na via de remetilação, esse composto recebe um grupamento metila da betaína ou do 5-metiltetrahidrofolato, formando metionina. Na transulfuração, a homocisteína, em reação catalisada pela enzima cistationina β -sintase, é convertida em cistationina. Essa, subsequentemente, é hidrolisada a cisteínaéla cistationina γ -liase. A cisteína pode participar da formação da glutathiona reduzida (GSH), importante antioxidante não enzimático, ou ser oxidada a taurina e sulfatos (FINKELSTEIN, 1990; MUDD et al., 2001). Sabe-se que em condições nas quais há excesso de metionina, além da transulfuração, existe outra via alternativa capaz de degradar esse aminoácido, a transaminação, na qual são formados metabólitos como o metanotiole sulfeto de hidrogênio (BENEVENGA e STEELE, 1984; MUDD et al., 2001).

A taurina ou ácido 2-aminoetanosulfônico é um ácido orgânico que contém enxofre, encontrado na biliar. É um dos aminoácidos mais abundantes no organismo, não sendo usado na síntese de proteínas. É produzido a partir da metionina e representa 25, 50, 53 e 19%, respectivamente no fígado, rins, músculos e cérebro. Age com a glicina e o ácido alfa-aminobutírico como um transmissor neuro-inibidor. É sintetizado no fígado e no cérebro, a partir da metionina e cistina, juntamente com a vitamina B6. A metionina é importante para o

metabolismo dos fosfolipídios, sendo que a sua deficiência é conhecida por causar prejuízos renais e hepáticos (BRUMANO, 2008).

Os animais também podem sintetizar colina, em presença de quantidades adequadas de precursores, tais como a fosfatidil-serina e a metionina (KASPER et al., 2000), que atuam como doadores de grupo metil (CASE et al., 1997). A molécula de colina possui três grupos metil (-CH₃), cuja função final é atuar como fonte de grupos metil para reações de metilação. A colina reage com a acetil coenzima A e atua como precursor da acetilcolina, um neurotransmissor (SHIAU e LO, 2000; ZEISEL, 2000), e da fosfatidilcolina, que é um fosfolipídio estrutural da membrana celular, importante para a transmissão do impulso nervoso. Atua também, como fator lipotrópico, melhora a síntese de lipoproteínas e o transporte de lipídio-colesterol (ZEISEL, 2000; BENDER, 2003), e evita o acúmulo de lipídios no fígado (REECE, 2006). Além disso, a colina é requerida para a síntese de lipoproteínas, responsável pelo transporte de gordura do fígado para outros tecidos, o que impede o acúmulo de lipídios nesse órgão. Em trabalhos realizados por Shiau e Lo (2000), Vieira et al. (2001) e El-Husseiny et al. (2008), foi demonstrada a importância da metionina e colina no desempenho e concentração de lipídio hepático em tilápias, porém, as interações entre a metionina e a colina sobre a morfologia hepática não foram avaliadas. A deposição de lipídio no fígado de peixes cultivados é frequentemente intensa e indica desbalanço nutricional das dietas (TAKASHIMA; HIBIYA, 1995).

3.5 Exigência Nutricional

Atualmente existem alguns grupos de pesquisa realizando estudos com o jundiá, porém, poucos trabalhos abordam as exigências nutricionais desta espécie. Destacam-se estudos desenvolvidos para determinar a exigência quanto a proteína e energia, como realizado por Machado et al. (2002), que testaram diferentes concentrações protéicas (25, 30 e 35% de proteína bruta, PB) e energéticas (2900, 2050 e 3200 kcal/kg de energia digestível, ED), em dietas práticas, concluindo que as exigências protéica e energética do jundiá são possivelmente maiores que 35% PB e 3200 Kcal/kg ED, respectivamente, já que foi observado maior crescimento nas concentrações mais altas testadas. Já Meyer e Fracalossi (2004), concluíram que a exigência proteica de alevinos de jundiá varia com a concentração

energética da dieta, sendo 32,6% PB, quando a energia metabolizável (EM) estimada é 3650 kcal/kg e aumentando para 37,3% PB, quando a energia metabolizável é estimada para 3200 kcal/kg. Salhi et al. (2004), por sua vez, testando quatro níveis de proteína (30, 34, 38 e 43%, PB) e dois níveis de lipídeo (8 e 14%), concluíram que a exigência de proteína e energia para juvenis de jundiá é de 37% PB e 3400 kcal/kg de ED.

Entretanto, ainda pouco se sabe a respeito das exigências em aminoácidos para essa espécie Montes-Girao e Fracalossi (2006) determinaram a exigência em lisina para o jundiá, por meio de dois modelos estatísticos “Broken line” e “Regressão polinomial” demonstrando exigência de 4,5 e 5,1% na proteína bruta respectivamente. Para espécies herbívoras e onívoras, o teor de lisina na ração é de aproximadamente 1,5% ou 5% da proteína da ração, respectivamente (NRC, 2011). As dietas devem ser formuladas de modo a buscar a maximização das taxas de retenção de nitrogênio e redução da excreção de resíduos nitrogenados, de modo a alcançar maiores índices de crescimento (SCHWARZ et al., 1998).

Devido a este cenário, onde poucos trabalhos de pesquisa referente a exigência nutricional do jundiá estão disponíveis, muitos valores usados na formulação de rações são baseados naqueles dados conhecidos para a exigência em bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (BALDISSEROTTO et al., 2010).

Isso é preocupante sendo que, o desequilíbrio nos aminoácidos da dieta afeta o desempenho do peixe, alterando as interações entre os aminoácidos, afetando a taxa de ingestão, o transporte e o catabolismo deste nutriente (LOVELL, 1998). Além de que, a deficiência em aminoácidos essenciais na dieta é evidenciada pela redução no crescimento, má conversão alimentar e redução no apetite, podendo levar ao aparecimento de sinais clínicos causados pela deficiência (KETOLA, 1982).

A deficiência de metionina resultou no surgimento de catarata em trutas (WALTON et al., 1982), não existindo registro deste fato para nenhuma outra espécie. Não são registrados sinais de alteração de comportamento e de aspecto geral (estrutura e coloração), quando há deficiência de metionina, a não ser a redução de crescimento por perda de apetite. Por outro lado, a suplementação de metionina resulta em maior retenção do nitrogênio fornecido na dieta e, conseqüentemente, maior crescimento. Steffens, (1987) afirma que a dosagem excessiva de metionina reduz o conteúdo de gordura no músculo e promove alta taxa de aminoácidos livres no sangue, que não são absorvidos, ocasionando redução no crescimento.

Demonstrando a exigência nutricional de metionina em carpas, Schwarz et al. (1998) testaram diferentes níveis de inclusão de metionina na dieta, adotando o modelo “Broken - line”, e usando como variáveis o peso corporal final, deposição de proteína e conteúdo de

metionina plasmática, e obtiveram as seguintes respostas: Nível de metionina no plasma se estabilizou com teor de 0,71g de metionina/100g MS da dieta, enquanto os pontos de queda de peso e deposição de proteína foram determinados em níveis de 0,86 e 0,85 g de metionina/100g MS da dieta.

Outros estudos foram realizados para determinar a exigência nutricional de metionina para algumas espécies como: *Rachycentron canadum* (ZHOU et al., 2006), *Epinephelus coioides* (LUO et al., 2005), *Salmo salar* (ESPE et al., 2008), *Ictalurus punctatus* (LI e ROBINSON, 1998) e outros (Tabela 1). Todavia, para o jundiá não se tem estudos específicos que indiquem a exigência nutricional de metionina, apenas estudos estimando a exigência através da composição corporal e proteína ideal tendo como base o aminoácido referência lisina (MEYER e FRACALLOSSI, 2005; MONTES-GIRAO e FRACALLOSSI, 2006).

Portanto, devido às características que apontam o jundiá como uma espécie promissora ao desenvolvimento da piscicultura na região sul do Brasil, associado à importância da metionina nos processos nutricionais e bioquímicos, e aliado à carência de informações sobre seu impacto na nutrição, torna-se necessário estudos para determinar a exigência em metionina para a espécie, visando à maximização das taxas de retenção de nitrogênio e redução da excreção de resíduos nitrogenados, de modo a alcançar maiores índices de crescimento para o jundiá.

Tabela 1 – Exigência em metionina, cistina e total de aminoácidos sulfurados (TAAS), para diferentes espécies de peixes.

Espécie	Metionina (% da PB)	Cistina (% da PB)	TAAS (% da PB)	Variável	Modelo estatístico	Referência
<i>Heteropneustes fossilis</i>	2,73	1	3,73	TEA	RP	Ahmed, 2014
<i>Sparus macrocephalus</i>	4,50 - 4,53	0,82	5,32 - 5,35	TCE; DPC	RS	Zhou et al., 2011
<i>Cyprinus carpio</i> L.	2,13	1,04	3,17	PF; DPC	RS	Schwarz et al., 1998
<i>Epinephelus coioides</i>	2,73	0,54	3,27	GPR	RS	Luo et al., 2005
<i>Rachycentron canadum</i>	2,64	1,53	4,16	TCE	RP	Zhou et al., 2006
<i>Perca flavescens</i>	3,20	0,15	3,40	GP; EA	RS	Twibell et al., 2000
<i>Labeo rohita</i>	2,88	0,35	3,23	GPR	RS	Muthy e Varghese, 1998
<i>Pseudosciaena crocea</i> R.	3,22 - 3,34	0,67	3,91 - 4,02	TCE; CAA	RP	Mai et al., 2006
<i>Trachinotus ovatus</i>	2,46 - 2,95	0,47	2,93 - 3,42	GP; TRP	RS	Niu et al., 2013
<i>Cirrhinus mrigala</i>	4,10 - 4,22	2,12	6,22 - 6,34	GP; CAA; TRP	RS; RP	Mukhtar e Abidi, 2013
<i>Seriola quinqueradiata</i>	2,56	0,72	3,28	GPR	RS	Ruchimat et al., 1997
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1,8 - 2,0	0,91	2,7 - 3,0	GP; DPC	RS	Tulli et al., 2010
<i>Cyprinus carpio</i>	2,55	0,00	2,55	GP	RS	Xiao et al., 2011
<i>Sebastes spp.</i>	2,80	0,24	3,04	TCE	RP	Yan et al., 2007

RP: Regressão polinomial; RS: Regressão segmentada; TCE: Taxa de crescimento específico; DPC: Deposição de proteína corporal; GPR: Ganho de peso relativo; GP: Ganho de peso; TRP: Taxa de retenção proteica; TEA: Taxa de eficiência alimentar; PF: Peso final; CAA: Conversão alimentar aparente.

4. CAPÍTULO I

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA PROTEÍNA E ENERGIA DE INGREDIENTES UTILIZADOS EM DIETAS SEMIPURIFICADAS E PRÁTICAS PARA O JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)¹

Daniel Antonio Rotili²

Suzete Rossato³

Isadora Liberalesso de Freitas⁴

Rafael Lazzari⁵

João Radünz Neto⁶

¹ Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

² Zootecnista, aluno do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS. daniel_rotili@hotmail.com

³ Zootecnista, aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS. suzeterossato@yahoo.com.br

⁴ Aluna de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. isadora_lf@hotmail.com

⁵ Zootecnista, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas/CESNORS da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. rlazzari@ufsm.br

⁶ Eng. Agrônomo, Dr., Professor Associado do Departamento de Zootecnia Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM 97105-900 Santa Maria, RS. jradunzneto@gmail.com

Aprovado no Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da UFSM. Parecer: número 103/2012.

Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de ingredientes utilizados em dietas semipurificadas e práticas para o jundiá (*Rhamdia quelen*)

Resumo: A construção de um banco de dados confiável sobre a digestibilidade aparente de fontes de proteína e energia é essencial para formulação de rações semipurificadas e práticas precisas. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), para a farinha de jundiá (FJ), farinha de peixe comercial (FPC), farinha de carne e ossos (FCO), concentrado protéico de soja (CPS), maltodextrina (M), amido de milho (AM), gelatina (G) e caseína (C), foram determinados para alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen*) ($35,45 \pm 12,1$ g), usando uma dieta referência (DR) e dietas-teste (dieta com 70% da DR mais 30% do ingrediente testado) contendo 0,3% de óxido de cromo como marcador inerte. Os coeficientes de digestibilidade foram ajustados para compensar as perdas parciais dos nutrientes por lixiviação pela água. Os ingredientes teste FPC, FJ, M, C e G apresentaram maior CDA da MS, de 77,03 a 95,66%, para PB o CPS apresentou menor CDA 59,70% comparado aos demais ingredientes FPC, FCO, FJ, G e C que foram de 87,19 a 99,59%. Em relação à EB, o CPS apresentou menor CDA igual a 71,59% não diferindo apenas do AM com 73,59%, enquanto os ingredientes FCO, FJ, FPC, G e C apresentaram maior CDA, (82,70 a 85,79%). Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que tanto os ingredientes semipurificados G e C quanto FJ, FPC e FCO, apresentam características adequadas para compor uma dieta em experimentos sobre exigências nutricionais do jundiá.

Palavras chave: Farinha de peixe. Alimentos. Nutrição. Ingredientes semipurificados.

4.1 Introdução

O conhecimento da biodisponibilidade dos nutrientes, energia dos ingredientes e dietas para alimentação de peixes é pré-requisito para formulação precisa de rações de forma nutricional, econômica e ambientalmente eficiente (LIU et al., 2009). A falta de dados concretos sobre a avaliação de alimentos e exigências nutricionais faz com que deficiências na nutrição sejam responsáveis por altos índices de mortalidade, baixa eficiência alimentar e baixo desempenho (TEIXEIRA, 2008).

A digestibilidade é um dos critérios adotados em estudos para avaliação da qualidade nutricional dos alimentos e da eficiência de dietas completas para animais, por meio da quantificação da fração do nutriente ou da energia absorvida do alimento que não é excretada nas fezes (NRC, 2011). Os métodos para determinação dos coeficientes de digestibilidade incluem o direto, que envolve a coleta total de fezes, e o indireto em que a coleta de fezes é parcial, utilizando-se marcadores como substância referência (BOMFIM e LANNA, 2004). Devido à dificuldade na coleta total das fezes e na medição precisa da quantidade de alimento consumido em peixes, utiliza-se com maior frequência o método indireto de medição de digestibilidade, que consiste na coleta parcial das fezes, por meio da utilização de um marcador inerte na dieta (OLIVEIRA FILHO e FRACALLOSSI, 2006).

Apesar do vasto conhecimento em nutrição de espécies exóticas, no Brasil são poucos os trabalhos com espécies nativas, onde falta informação referente às suas necessidades nutricionais, bem como da digestibilidade dos nutrientes que compõem suas dietas. Além disso, algumas das recomendações se baseiam em investigações realizadas em condições climáticas muito diferentes das nativas (TEIXEIRA et al., 2010). Com isso, estudos para determinar exigências proteica e energética para espécies nativas com o jundiá (*Rhamdia quelen*), estão sendo realizados. Neste contexto, Meyer e Fracalossi (2004) testaram diferentes concentrações de PB em dois níveis energéticos utilizando dietas semipurificadas, determinando as concentrações de 37 e 34% quanto à proteína bruta (PB) para dietas contendo 3.000 kcal/kg e 3.500 kcal/kg de EM, respectivamente. Já Piedras et al. (2006), utilizando ingredientes convencionais demonstraram que dieta com 51% de proteína bruta e 3400 kcal/kg⁻¹ resultou em maior ganho de peso médio para juvenil de jundiá.

Apesar da crescente demanda por rações comerciais para peixes onívoros, como o jundiá, existem poucos trabalhos que tratam da avaliação de alimentos para essa espécie. A inexistência de dados sobre digestibilidade dos nutrientes, faz com que os nutricionistas se

arrisquem na utilização de super-dosagens, principalmente em relação à proteína bruta, que elevam a ineficácia, o aumento do custo de produção e a poluição ambiental. Por outro lado se utilizarem sub-dosagens, podem reduzir as taxas de crescimento e o desempenho geral dos peixes (GONÇALVES e CARNEIRO, 2003).

Com o aumento da produção de peixes no Brasil, surgem grandes quantidades de resíduos provenientes de seu beneficiamento. A fabricação de farinhas a partir de resíduos de peixes torna-se uma alternativa, para reduzir o descarte e a poluição ambiental gerada pelos frigoríficos. Mas as farinhas de peixe produzidas no Brasil apresentam baixa qualidade e grande variabilidade nutricional, em consequência da qualidade do resíduo de que é originada. Testando diferentes resíduos de peixes, Rossato et al. (2012), demonstraram que farinha de carcaça de jundiá com vísceras proporcionou maior ganho em peso, quando comparado com farinha de carne e ossos, farinha de jundiá inteiro e farinha de carcaça de jundiá sem vísceras.

A caracterização dos ingredientes quanto a sua composição nutricional e a determinação de sua digestibilidade deve ser levada em conta no momento da escolha para compor dietas semipurificadas e práticas. Sendo assim, a determinação da digestibilidade tem sido uma das principais ferramentas para avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, indicando o seu valor nutricional, visando otimizar a utilização dessas fontes e reduzir a fração excretada para o meio aquático (FURUYA et al., 2001).

Desse modo, realizou-se este estudo para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB e EB, da farinha de jundiá (FJ), farinha de peixe comercial (FPC), farinha de carne e ossos (FCO), concentrado protéico de soja (CPS), maltodextrina (M), amido de milho (AM), gelatina (G) e caseína (C), para jundiá.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Ingredientes Testes

Os ingredientes testes escolhidos foram seis proteicos e dois energéticos: farinha de jundiá (FJ) confeccionada a partir de resíduos de carcaça de jundiá com vísceras e jundiás que não atingiram o peso de abate, conforme Rossato et al. (2012), farinha de peixe comercial (FPC) (Frigorífico de Tilápia/PR), farinha de carne e ossos (FCO) (Frigorífico Agrobella-Frederico Westphalen/RS), concentrado protéico de soja (CPS), maltodextrina (M), amido de milho (AM), gelatina (G) e caseína (C) (Synth) (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição bromatológica da ração referência e alimentos utilizados nas rações testes em 100% de MS

Ingredientes	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	CHO (%) ¹	FDN	EB (Kcal/Kg) ²
Ração Referência	93,17	38,17	9,79	10,13	35,08	11,79	4486
FJ	94,20	62,67	5,40	15,20	10,93	0	4460
FPC	92,63	57,33	7,64	21,63	6,03	0	4168
FCO	93,17	52,55	19,72	16,01	4,89	0	4978
CPS	88,82	56,52	1,17	5,20	25,94	15,2	4337
G	89,40	72,92	0,00	1,39	15,08	0	4702
C	88,71	69,65	2,02	0,96	16,08	0	4748
M	95,44	0,00	0,00	0,20	95,24	0	3905
AM	91,41	0,38	0,21	0,00	90,82	0	3765

FJ: Farinha de jundiá; FPC: Farinha de peixe comercial; FCO: Farinha de carne e ossos; CPS: Concentrado protéico de soja; G: Gelatina; C: Caseína; M: Maltodextrina; AM: Amido; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EE: Extrato etéreo; CHO: Carboidrato; EB: Energia Bruta

¹Calculado: $CHO = MS - (PB + EE + MM)$;

²Calculado: $EB = (PB * 5,6) + (EE * 9,3) + (CHO * 4,1)$ conforme Lee e Putnam (1973).

4.2.2 Formulação e preparação das dietas

A digestibilidade dos ingredientes foi determinada pelo método proposto por Cho e Slinger (1979), este método foi usado para determinar o coeficiente de digestibilidade de nutrientes, utilizando 70% de uma dieta referência e de 30% de ingrediente teste (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição percentual das rações-referência e teste, utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para o Jundiá.

Ingredientes	Ração-referência	Ração-teste
Concentrado protéico de soja	29	20,30
Farelo de soja	25	17,50
Farinha resíduo de jundiá	7,5	5,25
Milho	19	13,30
Farelo de trigo	3,5	2,45
Óleo de soja	7,5	5,25
Metionina	1,59	1,11
Lisina	2,2	1,54
Mistura vitamínica e mineral ¹	2	1,40
Calcário calcítico	2	1,40
Sal comum	0,5	0,35
BHT	0,01	0,01
Óxido de cromo	0,2	0,2
Alimento teste	0	30
Total	100	100

¹ Composição da mistura vitamínica e mineral por kg de produto (MigFish®, RS, Brasil): ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg.

A dieta referência foi formulada para atender as exigências nutricionais do jundiá segundo Salhi et al. (2004). Para a elaboração da dieta teste, cada um dos oito alimentos foi moído e peneirado (<600 µm), sendo posteriormente misturado à dieta referência. Óxido de cromo foi utilizado como marcador inerte em uma proporção de 0,2%, e foi adicionado inicialmente na fração de milho a ser incluída na dieta referência, a fim de facilitar a homogeneização com a dieta. Depois de misturar os ingredientes secos, o óleo de soja e 40% de água foram adicionados à mistura. As rações foram peletizadas em micro-extrusora para laboratório através de uma matriz de 3 mm e logo após secas a 50°C durante 12 h em estufa de circulação forçada de ar.

4.2.3 Desenho experimental, alimentação e coleta de fezes.

Os animais utilizados no experimento foram obtidos a partir da reprodução artificial induzida, realizada em outubro de 2011 no Laboratório de piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria – Rio Grande do Sul. Antes do início do ensaio de digestibilidade, os jundiás foram aclimatados às condições do bioensaio em tanques de 500L, no próprio laboratório.

Para este ensaio de digestibilidade foi utilizado um sistema de recirculação fechado, abastecido com água de poço artesiano, do próprio laboratório. A instalação experimental contém dois biofiltros, reservatório (2000 L⁻¹) e 6 tanques de fibra de vidro cônicos, com capacidade de 200 L, com abastecimento individual dotado de filtros para evitar entrada de contaminantes. Parâmetros de qualidade de água foram monitorados de modo a manter constante temperatura 22,8±1,8°C, oxigênio dissolvido 5 mg L⁻¹ (próximo da saturação), pH 7,5 os nitratos de 500 mg L⁻¹, nitritos 1,0 mg L⁻¹, amônia total de 0 mg L⁻¹.

No início do ensaio, 180 juvenis de jundiá de tamanho uniforme e aparente bom estado de saúde, com peso médio inicial de 35,45±12,1 g, foram estocados nos seis tanques, sendo 30 peixes por tanque. Os tratamentos foram designados aleatoriamente, realizando coleta em triplicata. Inicialmente os jundiás foram aclimatados por uma semana ao sistema e manejo, sendo alimentados com a ração referência até o início do experimento.

A cada troca de dieta realizou um período de 3 dias de adaptação, este antecedendo o início da coleta de fezes, procedimento este realizado para cada dieta. Os peixes foram alimentados a uma taxa de 3% do peso vivo, duas vezes ao dia (09:00 e 16:00 h), sendo as fezes recolhidas sempre antes da alimentação, até obter 50 g (base úmida) por tanque. A coleta de fezes seguiu o seguinte protocolo: 40 min após a alimentação realizavam-se limpezas rigorosas para retirada de eventuais sobras de ração, a fim de evitar a contaminação das fezes por alimentos não consumidos e 30% da água renovada, seguido da instalação dos tubos na extremidade inferior dos tanques, mantidos imersos em gelo para evitar a degradação bacteriana das fezes depositadas.

Amostragem fecal consistia no recolhimento dos tubos, sendo imediatamente centrifugados a 2500 rpm durante 5 min. e o sobrenadante descartado. As fezes coletadas foram armazenadas a -20°C para posterior análise. Durante a coleta de fezes nenhuma mortalidade foi observada.

4.2.4 Análises químicas

A composição centesimal dos ingredientes-teste e das dietas experimentais foram determinadas através das análises de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta (6,25 N), extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidrato e energia bruta, seguindo, respectivamente, os métodos 012/IV, 018/IV, 037/IV e 353/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008), Van Soest (1967), carboidrato por diferença, e a energia bruta foi calculada usando-se os valores de 4,1 kcal g⁻¹ de carboidratos, 5,6 kcal g⁻¹ de proteína e 9,3 kcal g⁻¹ de gordura, conforme Lee e Putnam, (1973). A energia bruta, proteína bruta e matéria seca das fezes foram analisadas pelos mesmos métodos usados para analisar os ingredientes teste e as dietas. A concentração de óxido de cromo na dieta e fezes foi analisada seguindo o método proposto por Bremer Neto et al. (2005).

As perdas de nutrientes por lixiviação (matéria seca, cinzas, proteína e extrato etéreo) foram determinadas conforme técnica adaptada de Nieto-López et al. (2011), como se segue: 15 g de amostra de péletes das dietas testes e referência foram pesadas e submersas em um béquer com 500 ml de água coletada do sistema de recirculação, ficando por 15 min, onde sofria agitação a cada 2 min. Depois se realizou a drenagem, seguida da secagem antes de serem novamente pesadas.

A percentagem de perda de nutrientes por lixiviação na água do sistema antes da ingestão da dieta (%NL) foi avaliada como descrito por Cruz-Suárez et al. (2007), através da seguinte expressão: $\%NL = (N_{dieta} * 100 - N_{AI} * (100 - \%MS_L)) / N_{dieta}$, onde: N_{dieta} e N_{AI} são as concentrações de nutrientes (matéria seca, proteína bruta e energia bruta) da dieta, conforme oferecida e após a imersão, e $\%MS_L$ é a percentagem de matéria seca perdida após a imersão em água. A percentagem de nutrientes lixiviados dos ingredientes a partir da imersão da dieta teste (%N_{Li}), também foi estimada pelo cálculo da diferença entre os nutrientes lixiviados a partir da imersão da dieta teste e da dieta referência: $\%N_{Li} = 100 - [(100 - \%NL_{dt}) * N_{dt} * (0,7 * MS_{dr} + 0,3 * MS_{ing}) - 0,7 * (100 - \%NL_{dr}) * N_{dr} * MS_{dr}] / (0,3 * N_{ing} * MS_{ing})$, onde: $\%NL_{dt}$ e $\%NL_{dr}$ são as percentagens dos nutrientes perdidos a partir da imersão da dieta teste e referência; N_{dt} , N_{dr} e N_{ing} são as concentrações dos nutrientes das dietas teste, referência e ingrediente na MS como é oferecida; MS_{dr} e MS_{ing} são os teores de matéria seca da dieta referência e do ingrediente teste no momento da formulação. As perdas de matéria seca e proteína foram avaliadas em duplicata.

4.2.5 Cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, energia e proteína da dieta foi calculado usando as seguintes equações segundo Maynard et al. (1981): $\%CDA_{dieta} = 100 - 100 * (C_{diet} / N_{diet}) * (N_{fezes} / C_{fezes})$, em que C e N são respectivamente óxido de cromo e nutriente (matéria seca, proteína bruta e energia bruta), concentrações das dietas e fezes na MS. Os CDA dos ingredientes teste foram calculados de acordo com Bureau e Hua (2006): $\%CDA_i = CDA_{dt} + [(CDA_{dt} - CDA_{dr}) * (0,7 * N_{dr}) / (0,3 * N_{ing})]$, em que: CDA_{dt} e CDA_{dr} , são os coeficientes de digestibilidade aparente calculados conforme demonstrado acima. N_{dr} e N_{ing} são as concentrações dos nutrientes (matéria seca, proteína bruta e energia bruta) na dieta referência e no ingrediente teste. Os CDAs das dietas e ingredientes também foram ajustados levando em conta a percentagem de nutrientes perdidos por lixiviação conforme Cruz-Suárez et al. (2009):

$$\%CDA_{diet.ajust.} = 100 - 100 * (C_{diet} / N_{diet}) * (N_{fezes} / C_{fezes}) * (1 / (1 - \%NL / 100));$$

$\%CDA_{ing.ajust.} = CDA_{dt.ajust.} + [(CDA_{dt.ajust.} - CDA_{dr.ajust.}) * (0,7 * (100 - \%NL_{dr}) * N_{dr}) / (0,3 * (100 - \%NL_i) * N_{ing})]$, onde: $\%CDA_{diet.ajust.}$ e $\%CDA_{ing.ajust.}$ são coeficiente de digestibilidade ajustados da dieta e do ingrediente, C_{diet} e C_{fezes} são o cromo encontrado na dieta e fezes, N_{diet} e N_{fezes} são os nutrientes da dieta e fezes, $\%NL$ é a percentagem de nutriente lixiviado da dieta, $CDA_{dt.ajust.}$ e $CDA_{dr.ajust.}$ são os coeficientes de digestibilidade aparente ajustados da dieta teste e referência, $\%NL_{dr}$ e $\%NL_i$ são a percentagem de nutriente lixiviado da dieta referência e do ingrediente e o N_{dr} e N_{ing} são os nutrientes da dieta referência e ingrediente.

4.2.6 Análise estatística

Os valores de CDA da matéria seca, proteína e energia das diferentes dietas e ingredientes foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $P < 0,05$) e ao teste Tukey para comparação de médias, por meio do programa estatístico SAS (SAS, 2001).

4.3 Resultados

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta das dietas e ingredientes teste foram significativamente afetados pela composição dos mesmos.

4.3.1 Coeficiente de digestibilidade aparente das rações testes

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca, proteína bruta e energia da dieta referência foram 73,80; 91,58 e 80,21%, respectivamente. Os CDAs das dietas teste variaram entre 67, 41 a 81,11% para MS, de 82,57 a 95,76% para PB e de 74,20 a 86,54% para energia bruta. A dieta teste concentrado protéico de soja (DCPS) apresentou os menores CDA, não diferindo da dieta teste amido (DA) para MS, PB e EB e da dieta teste maltodextrina (DM) quanto a PB. A dieta teste caseína (DC) com maior CDA, não diferindo das dietas teste farinha de jundiá (DFJ), gelatina (DG), e maltodextrina (DM) para MS, diferindo apenas da DCPS para PB e das dietas teste de amido (DA), DCPS, e referência (DR) para EB (Tabela 3).

Tabela 3 – Coeficiente de digestibilidade aparente das dietas teste para o Jundiá. (Valores expressos em 100% da matéria seca)

Ingredientes	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
DR	73,80±0,48 ^b	91,58±0,51 ^a	80,21±0,36 ^{bc}
DFJ	76,20±0,44 ^{ab}	93,31±0,38 ^a	84,73±0,75 ^{ab}
DFPC	74,67±1,24 ^b	92,54±1,16 ^a	85,94±0,51 ^a
DFCO	73,24±0,71 ^b	90,66±0,52 ^a	83,71±0,69 ^{ab}
DCPS	67,41±5,80 ^c	82,57±7,21 ^b	74,20±5,55 ^d
DG	80,78±0,66 ^a	94,45±0,08 ^a	85,66±0,45 ^{ab}
DC	81,11±0,29 ^a	95,76±0,05 ^a	86,54±0,38 ^a
DM	78,84±0,14 ^{ab}	88,81±1,91 ^{ab}	82,80±0,42 ^{abc}
DA	73,11±0,70 ^{bc}	89,89±2,43 ^{ab}	77,78±0,43 ^{cd}

DR: Dieta Referência; DFJ: Dieta Farinha de jundiá; DFPC: Dieta Farinha de peixe comercial; DFCO: Dieta Farinha de carne e ossos; DCPS: Dieta Concentrado protéico de soja; DG: Dieta Gelatina; DC: Dieta Caseína; DM: Dieta Maltodextrina; DA: Dieta Amido; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EB: Energia Bruta.

As médias±desvio padrão na mesma coluna com diferentes sobrescritos diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Quando os CDAs foram ajustados para compensar as perdas parciais dos nutrientes por lixiviação pela água e utilizando expressões matemáticas modificadas tal como sugerido por Cruz-Suárez et al. (2009), demonstraram uma importante diminuição nos CDAs ficando entre 64,16 a 78,21%, para MS, 80,45 a 95,66% para PB e 71,59 a 85,78 para EB, mantendo o CPS com os menores CDAs (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficiente de digestibilidade aparente ajustado das dietas teste para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca)

Ingredientes	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
DR	69,31±0,70 ^{cd}	91,21±0,53 ^a	77,97±0,41 ^{cd}
DFJ	72,59±0,73 ^{abc}	92,68±0,41 ^a	83,18±0,75 ^{abc}
DFPC	71,72±1,21 ^{bc}	89,79±1,59 ^a	84,51±0,56 ^{ab}
DFCO	69,92±0,92 ^{cd}	90,13±0,55 ^a	82,69±0,73 ^{abc}
DCPS	64,16±6,43 ^d	80,45±8,08 ^b	71,59±6,11 ^e
DG	78,22±0,68 ^a	94,25±0,09 ^a	84,94±0,48 ^a
DC	78,21±0,38 ^a	95,66±0,05 ^a	85,78±0,40 ^a
DM	76,45±0,09 ^{ab}	89,19±1,84 ^a	78,53±0,52 ^{bcd}
DA	69,55±0,68 ^{cd}	89,50±2,52 ^a	73,60±0,52 ^{de}

DR: Dieta Referência; DFJ: Dieta Farinha de jundiá; DFPC: Dieta Farinha de peixe comercial; DFCO: Dieta Farinha de carne e ossos; DCPS: Dieta Concentrado proteico de soja; DG: Dieta Gelatina; DC: Dieta Caseína; DM: Dieta Maltodextrina; DA: Dieta Amido; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EB: Energia Bruta.

As médias±desvio padrão na mesma coluna com diferentes sobrescritos diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.3.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos ingredientes teste

A digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes foi calculada por diferença, e corrigidas para a digestibilidade de uma dieta referência (70% da dieta teste). Assim, os coeficientes de digestibilidade de nutrientes dos ingredientes calculados são dependentes da digestibilidade da dieta referência a certa proporção, e os resultados de cálculo padrão são apresentados na Tabela 5. Os coeficientes de digestibilidade aparente de MS, PB e EB foram estatisticamente diferentes entre alguns ingredientes, variando de 53,41 a 97,55% para MS, 67,19 a 101,55% de PB e 60,16 a 101,30% da EB, respectivamente, sendo que a Caseína (C) obteve a maior digestibilidade da MS não diferindo da Gelatina (G), Farinha de jundiá (FJ) e Maltodextrina (M), ficando entre 81,63 a 97,61%, enquanto o Concentrado protéico de soja

(CPS) foi o menos digestível, que não diferiu da Farinha de carne e ossos (FCO) e Amido (AM) variando de 53,43 a 72,02%. Já a Farinha de peixe comercial (FPC) apresentou digestibilidade intermediária de 76,60% diferindo apenas da G, C e CPS. Para a PB, a maior digestibilidade foi da C, entretanto, diferiu apenas do CPS, ficando entre 88,91 a 101,55%. Assim como para EB onde o CPS apresentou menor digestibilidade, não diferindo do AM, que por sua vez não diferiu também da M (60,16 a 88,83%) (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca)

Ingredientes	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
FJ	81,63±1,45 ^{ab}	96,14±0,98 ^a	95,27±2,26 ^a
FPC	76,60±3,98 ^b	94,24±3,19 ^a	99,30±1,70 ^a
FCO	72,02±2,27 ^{bc}	88,91±1,51 ^{ab}	91,88±2,30 ^a
CPS	53,41±18,48 ^c	67,19±19,52 ^b	60,16±18,50 ^c
G	96,30±2,11 ^a	98,29±0,19 ^a	98,38±1,51 ^a
C	97,61±0,95 ^a	101,55±0,12 ^a	101,30±1,25 ^a
M	90,00±0,44 ^{ab}	-	88,83±1,40 ^{ab}
AM	71,58±2,28 ^{bc}	-	72,11±1,46 ^{bc}

FJ: Farinha de jundiá; FPC: Farinha de peixe comercial; FCO: Farinha de carne e ossos; CPS: Concentrado protéico de soja; G: Gelatina; C: Caseína; M: Maltodextrina; AM: Amido; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EB: Energia Bruta.

As médias±desvio padrão na mesma coluna com diferentes sobrescritos diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes nos ingredientes teste foram ajustados para compensar as perdas parciais por lixiviação na água, através da análise do conteúdo de nutrientes das dietas depois de imersas por 15 min em água, utilizando expressões matemáticas modificadas tal como sugerido por Cruz-Suárez et al. (2009), para determinação dos CDAaj. Os resultados apresentaram algumas alterações na digestibilidade nos nutrientes dos ingredientes teste, onde a FPC, FJ, M, C e G apresentaram maior digestibilidade da MS, com 77,03 a 95,66%, para PB o CPS apresentou menor digestibilidade 59,70% comparado aos demais ingredientes FPC, FCO, FJ, G e C que foram de 87,19 a 99,59%. Assim como para EB o CPS apresentou menor digestibilidade 71,59%, não diferindo apenas do AM com 73,59%, sendo os ingredientes FCO, FJ, FPC, G e C com maior digestibilidade apresentando 82,70 a 85,79% (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficiente de digestibilidade aparente ajustada de ingredientes para o Jundiá (Valores expressos em 100% da matéria seca)

Ingredientes	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
FJ	79,69±2,29 ^{ab}	95,18±1,09 ^a	83,19±0,75 ^{ab}
FPC	77,03±3,87 ^{ab}	87,19±4,49 ^a	84,52±0,57 ^{ab}
FCO	71,20±2,86 ^{bc}	88,27±1,48 ^a	82,70±0,73 ^{ab}
CPS	53,08±20,23 ^c	59,70±23,67 ^b	71,59±6,11 ^d
G	95,66±2,02 ^a	97,23±0,17 ^a	84,95±0,48 ^a
C	95,54±1,14 ^a	99,59±0,09 ^a	85,79±1,25 ^a
M	89,87±0,44 ^{ab}	-	78,53±1,40 ^{bc}
AM	70,11±2,28 ^{bc}	-	73,59±0,52 ^{cd}

FJ: Farinha de jundiá; FPC: Farinha de peixe comercial; FCO: Farinha de carne e ossos; CPS: Concentrado protéico de soja; G: Gelatina; C: Caseína; M: Maltodextrina; AM: Amido; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EB: Energia Bruta.

As médias±desvio padrão na mesma coluna com diferentes sobrescritos diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.4 Discussão

Os CDA dos ingredientes semipurificados foram maiores tanto para MS, PB e EB, isto se dá pela ausência de fibra e demais fatores que possam influenciar na digestão, justificando o uso destes ingredientes em experimentos de exigência nutricional. Sendo assim, a determinação dos valores de CDA dos ingredientes é necessária para avaliar o verdadeiro potencial nutritivo dos ingredientes na ração e desenvolver dietas nutricionalmente adequadas ao menor custo (IRVIN e TABRETT, 2005). Além de possibilitar a adequada utilização de ingredientes em dietas experimentais, principalmente na determinação de exigência nutricional pelo método dose-resposta.

O método utilizado para determinar a digestibilidade pode afetar os valores obtidos de CDA (CHO et al., 1982). Entretanto, nenhum método considera a presença de materiais de origem endógena ou metabólica nas fezes, assim os dados obtidos são de digestibilidade aparente e não verdadeira (NRC, 2011). A coleta de fezes por sedimentação na água apresenta alta praticidade através do sistema Guelph desenvolvido por Cho e Slinger (1979), que tem como vantagem a obtenção de quantidades satisfatórias de fezes, bem como redução de estresse através do método indireto, envolvendo o uso de um indicador inerte na dieta, razão pelo qual é também denominado de método do indicador (KITAGINA e FRACALOSSI, 2010).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca foram considerados para proporcionar melhor estimativa da quantidade de materiais não digestíveis presente no alimento, o que é dificultado quando se analisa individualmente o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes (BRUNSON et al., 1997). A menor digestibilidade da matéria seca foi observada para o CPS e AM, estes apresentam maior teor de fibra e amido entre os ingredientes testados. Vários outros estudos também relatam diminuição na digestibilidade da matéria seca nas proteínas vegetais com elevado teor de fibra e ingredientes com alto teor de carboidrato (LUO et al., 2008). A fibra alimentar da dieta geralmente não é utilizada pelos peixes, e níveis elevados podem reduzir a digestibilidade de outros nutrientes como proteínas e energia (RODRIGUES et al., 2012).

Os ingredientes de origem vegetal apresentam grande potencial de utilização em dietas para peixes, visto que tem alta disponibilidade e conseqüentemente baixo custo em relação a ingredientes de origem animal. Entretanto, tais insumos apresentam quantidades variadas de fatores antinutricionais, além de amido e fibras que são distintamente aproveitadas entre as

espécies de peixes (KROGDAHL et al., 2005; GATLIN et al., 2007; KROGDAHL et al., 2010). Desta forma, a utilização destes ingredientes em dietas para estudos de exigências nutricionais de diferentes espécies deve ser limitado.

Já ingredientes semi-purificados como G, C e M, apresentam elevada digestibilidade da matéria seca (95, 66; 95, 54 e 92,49%, respectivamente), que pode ser justificado pela inexistência de fibra alimentar e pela composição química dos nutrientes destes ingredientes. Entretanto, estes não diferiram das FJ e FPC, que apresentam baixo ou nenhum nível de carboidrato, favorecendo assim a sua digestibilidade. O carboidrato não é bem digerido pelo jundiá, que apresenta como característica um intestino curto e sem cecos pilóricos (GOMINHO-ROSA, 2012).

A digestibilidade da matéria seca dos ingredientes energéticos (M e AM) se diferenciou (89,87 e 70,11%), isto pode estar relacionado com a diferente composição química do carboidrato presente na fonte. Sendo que o AM é composto basicamente por duas moléculas: a amilose e a amilopectina, que são, respectivamente, polímeros lineares e ramificados de glicose com ligações α -glicosídicas (VOET et al., 2006), e a maltodextrina é um produto obtido da hidrólise parcial ácida e/ou enzimática do amido, sendo constituída por unidades de D-glicose (MARCHAL et al., 1999), apresentando-se assim mais digestível.

Quanto à digestibilidade da proteína bruta os ingredientes semipurificados, G e C não diferiram dos ingredientes de origem animal FJ, FPC e FCO, apresentando alta digestibilidade destes nutrientes (97,23; 99,59; 95,18; 87,19 e 88,27%, respectivamente), quando ajustados para corrigir as perdas parciais por lixiviação na água.

Na técnica de coleta de fezes por decantação, pode haver fragmentação das fezes e perda dos seus componentes, principalmente de nitrogênio, visto que mais de 30% do nitrogênio excretado pelos peixes pode ser altamente solúvel (LIED et al., 1982). E com isto superestimar os coeficientes de digestibilidade, ficando até acima de 100% como encontrado neste estudo para C, corroborando com (NIETO-LÓPEZ et al., 2011). Os valores encontrados para digestibilidade da PB das FJ e FPC estão acima do encontrado por Oliveira Filho e Fracalossi (2006), que foi de 74,8% para o jundiá. Entretanto, está próximo do encontrado para o pintado de 84,14% por Gonçalves e Carneiro, 2003. A diferença apresentada entre os valores de digestibilidade pode ser justificada pela grande variação em qualidade destes ingredientes, podendo ser atribuído aos diferentes tipos de material e as condições de processamento, fabricado tanto com resíduos de filetagem como do corpo inteiro do peixe, e quando fabricada com corpo inteiro, os valores de digestibilidade são altos (acima de 80%)

tanto para peixes onívoros quanto para carnívoros (OLIVEIRA FILHO e FRACALOSSI, 2006; ALLAN et al., 2000).

A digestibilidade da proteína bruta do CPS foi mais baixa em relação aos demais ingredientes proteicos (59,70%) quando ajustada, e bem inferior aos valores encontrados para subprodutos da soja, como o farelo de soja, onde muitos estudos demonstram boa digestibilidade deste ingrediente para o jundiá 88,6% (OLIVEIRA FILHO e FRACALOSSI, 2006), bagre-do-canal 72% (WILSON e POE, 1985) e tilápia-do-nilo 73,2% (PEZZATO et al., 2002). Entretanto, mais próximo do encontrado, temos o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína determinado para alevinos de pintado de 67,10% (GONÇALVES e CARNEIRO, 2003). Estas discrepâncias estão possivelmente relacionadas com a qualidade dos ingredientes, diferentes espécies e composição da dieta (AKIYAMA et al., 1989). A disponibilidade da proteína pode ser influenciada pela composição química dos ingredientes, tempo de armazenamento, bem como pelo método de secagem e processamento da matéria prima (YUAN et al., 2010), visto que técnicas de processamento, como secagem a alta temperatura, podem reduzir a digestibilidade das proteínas e produzir fatores antinutricionais em alguns ingredientes utilizados na alimentação (AKIYAMA et al., 1992). Os diferentes métodos de coleta de fezes, também podem ter efeito significativo sobre os valores de digestibilidade determinados (STOREBAKKEN et al., 1998).

A baixa digestibilidade de energia e matéria seca de alguns produtos vegetais parece estar relacionada à quantidade e composição química dos carboidratos (LEE, 2002). A digestibilidade da energia apresentou correlação negativa com os teores de carboidratos dos ingredientes testados. Tendências semelhantes sobre a relação inversa entre teores de carboidratos e fibra na digestibilidade da energia têm sido relatado para *Sebastes schlegeli* (LEE, 2002) e salmonídeos (SUGIURA et al., 1998). No presente estudo esta relação pode ser observada onde a digestibilidade da energia bruta da G, C, FJ, FPC e FCO foi superior às do CPS, M e AM, ingredientes estes que apresentam maiores teores de fibra e carboidratos quando comparados aos demais. Entretanto, os valores encontrados para digestibilidade da energia dos ingredientes de origem animal neste estudo são bem superiores ao 76,5%, encontrado para o jundiá por Oliveira Filho e Fracalossi (2006), mas próximo dos 84,74% encontrado da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias para a tilápia-do-nilo (BOSCOLO et al., 2008)

A digestibilidade é um dos critérios adotados em estudos para avaliação da qualidade nutricional dos alimentos e da eficiência de dietas completas para animais, por meio da

quantificação da fração do nutriente ou da energia absorvida do alimento que não é excretada nas fezes (NRC, 2011).

Em ensaios iniciais para a determinação de exigências nutricionais em peixes, as dietas experimentais devem ser formuladas com ingredientes semipurificados, de composição química bem definida, permitindo controle completo dos efeitos do nutriente testado. Isso assegura a alta digestibilidade da dieta, como demonstrado neste estudo. Porém, muitas vezes, as dietas semipurificadas apresentam baixa palatabilidade para algumas espécies e uma alternativa é incluir um ingrediente prático, uma farinha de peixe de alta qualidade, cuja contribuição em nutrientes seja conhecida em detalhes, a fim de evitar qualquer conflito na dieta experimental (NRC, 2011).

4.5 Conclusão

Os ingredientes semipurificados e as FJ, FPC e FCO, apresentam CDAs da MS, PB e EB superiores a 71,20; 87,19; 82,70%, respectivamente, características ideais para compor uma dieta experimental para o jundiá, proporcionando melhor palatabilidade, quando observado a qualidade destes ingredientes, já o CPS, apresenta baixa digestibilidade dos nutrientes.

4.6 Agradecimentos

À Ajinomoto pela colaboração com parte das matérias primas e à Capes pela bolsa de mestrado concedida a Daniel Antonio Rotili e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (Pq2) concedida ao professor João Radünz Neto.

4.7 Referências bibliográficas

AKIYAMA, D.M.; COELHO, S.R.; LAWRENCE, A.; ROBINSON, E.H. Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 55, n. 1, p. 91–98, 1989.

AKIYAMA, D.M.; DOMINY, W.G.; LAWRENCE, A.L. **Penaeid shrimp nutrition**. In: Fast, A.W.; Lester, L.J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier:Amsterdam, pp. 555–568, 1992.

ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCÊS, J.; WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, n.3-4, p.293-310, 2000.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista eletrônica nutritime**, ano 1, v. 1. 2004. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/003V1N1P20_30_JUL2004.pdf. Acesso em abril de 2012.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A.A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2579-2586, 2008.

BUREAU, D.P.; HUA, K. Letter to the editor of aquaculture. **Aquaculture**, v. 252, p. 103–105, 2006.

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.691-697, 2005.

BRUNSON, J.F.; ROMAIRE, R.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp *Penaeus setiferus* L. **Aquaculture Nutrition**, v. 3, p. 9–16, 1997.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. **Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout**. In: Halver, J.E.; Tiew, K. (Eds.), *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, vol. II. Heenemann, Berlin, p. 239–247, 1979.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.; BAYLEY, H.S. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.73, p. 25–41, 1982.

CRUZ-SUÁREZ, L.E.; NIETO-LÓPEZ, M.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; TAPIA-SALAZAR, M.; SCHOLZ, U.; RICQUE-MARIE, D. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. **Aquaculture**, v. 272, p. 466–476, 2007.

CRUZ-SUÁREZ, L.E.; TAPIA-SALAZAR, M.; VILLARREAL-CAVAZOS, D.; BELTRAN-ROCHA, J.; NIETO-LÓPEZ, M.G.; LEMME, A.; RICQUE-MARIE, D. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 292, p. 87–94, 2009.

FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.4, p.1143-1149, 2001.

GATLIN III, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.D.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, Å.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551 – 579, 2007.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e eenergia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

GOMINHO-ROSA, M.C. **Carboidrato em dietas para o jundiá, *Rhamdia quelen*: desempenho, digestibilidade e metabolismo**. 2012. 112f. Tese (Doutorado em Aqüicultura). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Instituto Adolfo Lutz, **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**, Versão eletrônica, São Paulo: IAL, 2008, 1020 p. Disponível em <http://www.ial.sp.gov.br>
http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=20

IRVIN, S.J.; TABRETT, S.J. A novel method of collecting fecal samples from spiny lobsters. **Aquaculture**, v. 243, p. 269–272, 2005.

KITAGINA, R.E.; FRACALOSSO, D.M. Validation of a methodology for measuring nutrient digestibility and evaluation of commercial feeds for channel catfish. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 611-615, 2010.

KROGDAHL, Â.; HEMRE, G.-I.; E MOMMSEN, T.P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 103-122, 2005.

KROGDAHL, Â.; PENN, M.; THORSEN, J.; REFSTIE, S.; BAKKE, A.M. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 333-344, 2010

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. **Journal of Nutrition**, v. 103, p. 916-922, 1973.

LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 207, p. 79-95, 2002.

LIED, E.; JULSHAMM, K.; BRAEKKAN, O.R. Determination of protein digestibility in Atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science**, v. 39, p. 854-861, 1982.

LIU, H.; WU, H.; ZHAO, W.; XUE, M.; GUO, L.; ZHENG, Y.; YU, Y. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), compared by two chromic oxide analyses methods. **Aquaculture nutrition**, v.15, n.6, p.650-656, 2009.

LUO, Z.; TAN, X.Y.; CHEN, Y.D.; WANG, W.M.; ZHOU, G. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*. **Aquaculture**, v. 285, p. 141-145, 2008.

MARCHAL, L. M.; BEEFTINK, H. H.; TRAMPER, J. Towards a rational design of commercial maltodextrins. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 11, p. 345-355, 1999.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrición Animal**, 4 Ed. McGraw Hill, USA, 1981. 640p.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington: National Academy Press. 2011.

NIETO-LÓPEZ, M.; SALAZAR, M.T.; MARIE, D.R.; CAVAZOS, D.V.; LEMME, A.; CRUZ SUÁREZ, L.E. Digestibility of different wheat products in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 319, p. 369-376, 2011.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1581-1587, 2006.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F.; MORAES, P.R.R.; RODRIGUES, F.V. Resposta de alevinos de jundiá (*Rhamdia sp.*) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível. **Revista Brasileira Agrocências**, v. 12, n. 2, p. 217-220, 2006.

RODRIGUES, A.P.O.; GOMINHO-ROSA, M.D.C.; CARGNIN-FERREIRA, E.; FRANCISCO, A.; FRACALOSSO, D.M. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture nutrition**, v. 18, p. 65-72, 2012.

ROSSATO, S. **Resíduos de processamento de jundiá (*Rhamdia quelen*) e seu valor nutricional em dietas para peixes**. Santa Maria, 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; BELLAGAMBA, M.; CARNEVIA, D. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, p. 435-444, 2004.

SAS - Statistical Analysis System. **User's Guide**. Version 8.02. 4. ed. North Caroline: SAS INSTITUTE INC, 2001.

STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I.S.; SHEARER, K.D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J.; BERGE, G.M. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture**, v. 169, p. 195-210, 1998.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonids feeds. **Aquaculture**, v. 159, p. 17–202, 1998.

TEIXEIRA, E.A. **Avaliação de alimentos e exigências de energia e proteína para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma spp*)**. 2008. 88f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 2008.

TEIXEIRA, E.A.; SALIBA, E.O.S.; EULER, A.C.C.; FARIA, P.M.C.; CREPALDI, D.V.; RIBEIRO, L.P. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1180-1185, 2010.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal of Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119-120, 1967.

VOET, D.; E VOET. J.; PRATT, C.W. **Fundamentos de Bioquímica**. 3.ed. Artmed, Porto Alegre, RS, Brasil. 2006. 1616p.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestibility protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **Progressive Fish Culturist**, v.47, n.3, p.154-158, 1985.

YUAN, Y.C.; GONG, S.Y.; YANG, H.J.; LIN, Y.C.; YU, D.H.; LUO, Z. Apparent digestibility of selected feed ingredients for chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. **Aquaculture**, v. 306, p. 238-243, 2010.

5. CAPÍTULO II

EXIGÊNCIA EM METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) EM DIETAS COM NÍVEIS CONSTANTES DE CISTINA¹

Daniel Antonio Rotili²

Suziane Ghedine Martinelli³

Suzete Rossato³

Isadora Liberalesso de Freitas⁴

Julio Baraldi de Souza⁴

Rafael Lazzari⁵

João Radünz Neto⁶

¹ Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

² Zootecnista, aluno do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS. daniel_rotili@hotmail.com.

³ Zootecnistas, alunas do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. suzimartinelli@yahoo.com.br/suzeterossato@yahoo.com.br.

⁴ Alunos de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. isadora_if@hotmail.com/baraldisouza@yahoo.com.br.

⁵ Zootecnista, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. rlazzari@ufsm.br.

⁶ Eng. Agrônomo, Dr., Professor Associado do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM 97105-900 Santa Maria, RS. jradunzneto@gmail.com.

Aprovado no Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da UFSM. Parecer: número 103/2012.

Exigência em metionina para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) em dietas com níveis constantes de cistina

Resumo: O presente trabalho foi realizado para estimar a exigência em metionina na dieta de juvenis de jundiá (peso médio inicial $3,26 \pm 0,3$ g e comprimento médio $7,17 \pm 0,27$ cm), utilizando-se 35 animais por unidade experimental. Seis dietas mistas, a base de farinha de peixe, caseína e gelatina, isoproteicas (37% de proteína bruta (PB)) e isoenergéticas (3400 Kcal de energia digestível (ED) kg^{-1}), foram formuladas para conter concentrações crescentes de metionina (0,9; 1,6; 2,3; 3,0; 3,7 e 4,4% da PB), mantendo constante o nível de cistina (0,19% da PB). Cada dieta foi distribuída aleatoriamente a grupos com quatro repetições, alimentados duas vezes ao dia (09:30 e 17:00 h), até a saciedade aparente, por 15 semanas. O ganho em peso relativo (GPR), taxa de crescimento específico (TCE), fator de condição, taxa de retenção proteica (TRP), índice de eficiência alimentar (IEA), conversão alimentar aparente (CAA), a composição corporal, parâmetros sanguíneos e hepáticos foram afetados significativamente ($P < 0,05$), em função dos níveis de metionina na dieta. GPR e TCE aumentaram com os níveis crescentes de metionina até 3,0% da PB ($P < 0,05$) e mantendo-se constante nos níveis subsequentes. O CRP também aumentou com os níveis crescentes até 2,3% da PB ($P < 0,05$), diminuindo no nível 4,4% da PB ($P < 0,05$). Por meio de regressão quadrática do GPR e TCE verifica-se que os níveis ideais de metionina na dieta, recomendadas para o crescimento de juvenis de jundiá, são estimados em 3,59% da PB e 3,48% da PB, respectivamente, mantendo o nível de cistina constante (0,19% da PB), correspondendo assim a 1,33 e 1,29% da dieta, ou um total de aminoácido sulfurado de 3,78 e 3,67% da PB, respectivamente.

Palavras chave: aminoácido sulfurado, ganho em peso relativo, taxa de retenção proteica

5.1 Introdução

Os peixes consomem proteínas advindas dos ingredientes incorporados na dieta e obtêm os aminoácidos pelo processo de hidrólise, ou seja, a proteína é digerida ou hidrolisada liberando aminoácidos livres, os quais são absorvidos pelo trato intestinal e distribuídos pelo sangue para todos os órgãos e tecidos. Assim, o contínuo suprimento destes nutrientes, nas quantidades ideais, permite o crescimento adequado (PORTZ e FURUYA, 2012). Os aminoácidos servem também como fonte de energia para síntese *de novo* das proteínas (MILLWARD, 1989).

Os peixes, assim como os demais monogástricos, necessitam dos mesmos dez aminoácidos essenciais (AAEs) (WILSON, 2002). Uma deficiência destes aminoácidos pode causar redução do crescimento e prejuízo na conversão alimentar (WILSON e HALVER, 1986). Portanto, determinar a exigência em AAEs de uma espécie é muito importante na preparação de dietas balanceadas (NIU et al., 2013).

Estudos abordando a exigência nutricional do jundiá em AAEs são escassos. Inicialmente Meyer e Fracalossi (2005) determinaram a composição em aminoácidos do tecido muscular de jundiás provenientes da natureza e de cultivo, fazendo então uma estimativa da exigência em AAEs com base na composição com outras espécies de hábito alimentar onívoro. Posteriormente, em estudo realizado por Montes-Girao e Fracalossi (2006), foi determinada a exigência de juvenis de jundiá em lisina, por meio de um ensaio dose-resposta, e pelo conceito da proteína ideal foi estimada a exigência da espécie quanto aos demais AAEs.

Assim como a lisina, a metionina é um dos primeiros AAEs limitantes em muitas dietas para peixes, em especial aquelas que contêm níveis elevados de fontes de proteínas vegetais, tais como o farelo de soja (GOFF e GATLIN, 2004). Estes dois AAEs, participam como precursores para a síntese da carnitina, que está envolvida com o transporte de ácidos graxos para oxidação na mitocôndria (WALTON et al., 1982). A metionina é codificada pelo código genético, sendo, componente das proteínas dos seres vivos. É um códon de iniciação na síntese protéica. Para a formação da proteína, este códon do DNA é lido em primeiro lugar pela célula, marcando o ponto de início da síntese. A metionina auxilia no início da tradução do RNA mensageiro, sendo o primeiro aminoácido incorporado na posição terminal-N de todas as proteínas. Além disso, pertence ao grupo dos aminoácidos neutros que contém enxofre, servindo de fonte de enxofre para a cistina em animais e seres humanos (NIU et al.,

2013). A importância da metionina está no fato de a mesma fornecer enxofre para muitos componentes celulares, contribuindo com o grupo metil nos processos de transmetilação, necessários a formação de proteínas, e por ser usada na biossíntese de colina e tiamina, além de ser convertida em cistina (ALAM et al., 2000).

A metionina é convertida em cistina para a síntese de proteínas, e a cistina quando presente na dieta tem efeito poupador de metionina. Portanto, deve-se considerar o teor de cistina na dieta para quantificar a exigência de metionina das espécies para o máximo crescimento e a utilização eficiente do alimento. Muitos estudos têm relatado as exigências em metionina de espécies de peixes comumente cultivados, encontrando-se entre 1,8 a 4,0% da da proteína da dieta (WILSON, 2002; LUO et al., 2005; MAI et al., 2006; ZHOU et al., 2006; NIU et al., 2013). No entanto, exceto quanto à exigência nutricional em lisina (MONTES-GIRAO e FRACALOSSO, 2006), não há estudos dose-resposta em relação às outras exigências em AAEs para o jundiá.

Assim, no presente trabalho foi avaliado a influência de diferentes níveis de metionina em dietas isoproteicas e isoenergéticas sobre o crescimento, composição corporal e parâmetros bioquímicos, de modo a estimar a exigência de metionina em um nível constante de cistina na dieta, para alevinos de jundiá *Rhamdia quelen*.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Dieta experimental e sua preparação

Seis dietas mistas, a base de farinha de jundiá, caseína e gelatina, isoprotéicas (37% PB) e isocalóricas (3400 Kcal/kg ED) conforme Salhi et al. (2004), foram formuladas. Tendo como diferença entre elas somente a concentração de metionina, (0,9; 1,6; 2,3; 3,0; 3,7 e 4,4% da proteína bruta (PB)), mantendo-se constante os níveis de cistina em 0,19% da PB, conforme a Tabela 1. As dietas foram formuladas para conter combinações constantes de farinha de peixe (jundiá), caseína e gelatina como fontes proteicas intactas, contribuindo com a concentração mínima de metionina (0,9% da PB). O nível ideal de lisina foi adicionado conforme Montes-Girao e Fracalossi (2006), onde as concentrações testes foram obtidas através da inclusão de DL-metionina sintética, em substituição do ácido glutâmico. Também foi adicionada mistura de aminoácidos, formulada para conter o perfil de aminoácidos da albumina, livre de lisina, metionina e cistina, considerado adequado para os peixes, atendendo assim o nível de PB ideal (WILSON, 2002).

Os ingredientes que compõem as dietas foram analisados para determinação de matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo e proteína bruta (6,25 x N), seguindo os métodos descritos pela (AOAC, 1995). O conteúdo de aminoácidos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) no Laboratório LAMIC/UFSM. Os níveis finais de metionina foram 0,9; 1,6; 2,3; 3,0; 3,7; 4,4% da PB, respectivamente, obtidos pela adição de DL-metionina, mantendo constantes os níveis de cistina (0,07% da dieta) (Tabela 2).

Para elaboração das dietas experimentais, todos os ingredientes secos foram misturados, umedecidos com solução NaOH 6N e água destilada para estabilizar o pH, mantendo-o neutro. O pH das dietas foi obtido pela homogeneização de uma amostra de 5 g da dieta com 50 ml de água destilada, posteriormente medido através de pHmetro digital conforme Robinson et al. (1981). As misturas foram peletizadas em moedor de carne elétrico para posterior secagem em estufa com circulação de ar forçado durante 24 h (50°C). Após secas, as rações foram trituradas, para obtenção de grânulos de aproximadamente 3 mm e mantidas em freezer (-18°C), até o momento de fornecimento aos peixes.

Tabela 1 – Composição das rações experimentais (%)

Ingredientes	Níveis de metionina (% da PB)					
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4
Caseína ²	18	18	18	180	180	180
Gelatina ³	9,3	9,3	9,3	93	93	93
Farinha de jundiá	6,0	6,0	6,0	60	60	60
Premix de aminoácidos ⁴	9,8	9,8	9,8	98	98	98
Maltodextrina ⁴	33	33	33	330	330	330
Celulose	8,59	8,59	85,9	85,9	85,9	85,9
Óleo de canola	4,1	4,1	41	41	41	41
Óleo de fígado de bacalhau	2,0	2,0	20	20	20	20
Suplemento mineral-vitamínico ⁶	3,0	3,0	30	30	30	30
Melbond ⁷	2,0	2,0	20	20	20	20
Fosfato bicálcico	1,5	1,5	15	15	15	15
Sal	1,0	1,0	10	10	10	10
BHT	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1
Glutamina	1,7	1,44	11,9	9,3	6,6	4,1
DL Metionina	0,0	0,26	5,1	7,7	10,4	12,9
Análise proximal (%) ¹						
Cistina (%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Metionina (%)	0,34	0,59	0,85	1,11	1,38	1,63
Proteína bruta (%)	37	37	37	37	37	37
Energia digestível (Kcal/kg ED)	3400	3400	3400	3400	3400	3400
Extrato etéreo (%)	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81
Cinzas (%)	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
Umidade (%)	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39

¹Determinado com base nas análises dos ingredientes

²Synth[®], Diadema/SP.

³APTI[®], Chapecó/SC.

⁴Premix de aminoácidos (%): L-Ala 6,72; L-Arg 4,17; L-Fen 6,45; L-Gli 7,35; L-Hist 3,27; L-Ile 6,60; L-Prol 5,83; L-Ser 7,92; L-Tir 5,12; L-The 5,9; L-Tri 5,9; L-Val 7,29; Celulose 21,39.

⁵D.N.A. Design Nutrição Avançada, Poços de Caldas/MG.

⁶Composição da mistura vitamínica e mineral (Mig Fish 1% de inclusão): ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg. Mig Plus[®], Casca/RS.

⁷Lignosulfonato de cálcio e magnésio (Aglutinante e palatilizante) – Ligno Tech Brasil[®], São Paulo/SP.

Tabela 2 – Conteúdo de aminoácidos essenciais (AAE) e conteúdo de aminoácidos não essenciais (AANE)¹ das rações experimentais (%)

Aminoácidos	Níveis de metionina (% da PB)					
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4
AAE						
Treonina	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
Valina	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Isoleucina	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Leucina	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fenilalanina	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03
Arginina	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
Histidina	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Triptofano	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Lisina	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
Metionina	0,33	0,59	0,85	1,11	1,38	1,63
AANE						
Ácido aspártico	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Serina	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
Ácido glutâmico	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81
Prolina	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Glicina	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35
Cistina	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Alanina	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Tirosina	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66

¹Determinado conforme análise dos ingredientes.

5.2.2 Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido durante 15 semanas (Dezembro de 2012 a Abril de 2013) no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (altitude 95 m, 29°43'S, 53°42'W). Para tal, utilizou-se um sistema com recirculação de água contendo dois filtros biológicos com pedra britada, bomba hidráulica (½ CV), aquecimento (2000 W) e 24 tanques retangulares em fibra de vidro com capacidade de 125 litros, sistema este instalado em uma sala climatizada.

Os peixes utilizados no trabalho foram obtidos da piscicultura da Universidade de Passo Fundo (UPF, RS). Utilizou-se 840 juvenis (peso médio de 3,26±0,3 g e comprimento médio de 7,17±0,27 cm), sendo distribuídos 35 animais por unidade experimental, em densidade inicial de 0,9 g de peixe L⁻¹. Antes do início do experimento os peixes passaram por um período de adaptação ao sistema de 15 dias.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, testando seis tratamentos (níveis crescentes de metionina: 0,9, 1,6, 2,3, 3,0, 3,7 e 4,4% da proteína bruta (PB)) em quatro repetições. Os níveis de inclusão da metionina nas dietas foram baseados nos valores de exigência desse aminoácido para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (NRC 2011), os valores calculados por Meyer e Fracalossi (2005) baseando-se na composição corporal do jundiá e os valores estimados por Montes-Girao e Fracalossi (2006) com base na exigência determinada de lisina para juvenis de jundiá.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente, às 09:30 e 17:00 h. A cada 21 dias realizou-se uma biometria para determinação da curva de crescimento, anteriormente ao procedimento das biometrias, os peixes permaneceram em jejum de aproximadamente 12 h, para amenizar o estresse provocado pelo manejo e facilitar o manuseio dos animais, além da utilização do anestésico benzocaína, na proporção de 30 mg/L de água. A limpeza dos tanques foi realizada diariamente, uma hora antes da primeira alimentação e uma hora antes da última alimentação, através da sifonagem.

A qualidade da água do sistema foi monitorada diariamente para temperatura e oxigênio, sendo que a temperatura oscilou entre 22 e 24°C; oxigênio dissolvido 5,1 a 7 mg/L. Semanalmente para pH, amônia, nitrito, alcalinidade e dureza, mantendo-se o pH próximo de 7,0; amônia total 0,25 mg/L; nitrito 0,10 mg/L; alcalinidade 28,6 mg/L CaCO₃; dureza total 22,0 mg/L CaCO₃. Estes parâmetros se mantiveram na faixa adequada para o jundiá segundo Baldisserotto e Silva (2004).

5.2.3 Coleta, processamento e análise das amostras

Inicialmente coletou-se 50 peixes, para determinação da composição centesimal inicial. Ao final do experimento (15 semanas) os animais foram submetidos a jejum de 12h e anestesiados com benzocaína (30 mg/L) para a realização das coletas de amostras. Todos os peixes de cada tanque foram pesados e medidos individualmente. Três peixes por tanque foram coletados para análise de composição centesimal do peixe inteiro. De dois peixes por tanque foram coletados amostras de sangue, através de punção na veia caudal, usando seringa heparinizada. O plasma foi separado por centrifugação (1000 rpm por 10 min) e armazenado em tubos Eppendorf, congelado (-18°C) para posterior análise. Usando-se Kits colorimétricos (Doles[®]), determinaram-se no plasma os níveis de: proteínas totais (g/dL), albumina (g/dL),

triglicerídeos (mg/dL), colesterol total (mg/dL) e glicose (mg/dL). Além disso, foi determinado no plasma a concentração de aminoácidos livres (SPIES, 1957).

Após a coleta de sangue, os animais foram mortos por overdose de benzocaína (250 mg L⁻¹). Coletou-se fígado e vísceras, que foram pesados para determinar os índices hepatossomático (IHS) e índice digestivossomático (IDS) e rendimento de carcaça (RC). Após a pesagem, os fígados foram congelados, para posteriores análises bioquímicas. Foram determinados os metabólitos, sendo que algumas amostras de fígado (50 mg) foram aquecidas a 100°C com KOH para estimar a quantidade de proteína, de acordo com a técnica descrita por Bradford (1976). Do restante, separou-se uma parte de extrato e adicionou-se etanol para hidrolisar e precipitar o glicogênio, após centrifugação a 1000 rpm durante 10 min, foi determinado glicogênio por Park e Johnson (1949) no sobrenadante. Outras amostras de fígado (50 mg) foram homogeneizadas em TCA 10%, centrifugadas (1000 rpm, 10 min), e utilizou-se o sobrenadante como extrato celular para a quantificação de glicose (PARK e JOHNSON, 1949). Ainda, em outras amostras de fígado (50mg) adicionou-se tampão fosfato de potássio 20mM (pH=7,5), em seguida as amostras foram homogeneizadas e centrifugadas a 1000 rpm por 10min, para determinar no sobrenadante a quantidade de aminoácidos livres conforme Spies (1957), e mensurar a atividade enzimática da alanina aminotransferase (ALT, U/L) e aspartato aminotransferase (AST, U/L), conforme metodologia descrita por Melo (2004), fazendo-se o uso de Kits colorimétricos (Doles[®]).

A proteína bruta, lipídeos, umidade e matéria mineral dos ingredientes e peixe inteiro foram determinadas pelos métodos convencionais (AOAC, 1995). Sendo a proteína bruta (6,25 x N) determinada pelo método de Kjeldahl. A umidade pela secagem das amostras até peso constante a 105°C em estufa de ventilação forçada. A gordura foi determinada conforme Bligh; Dyer (1959). A matéria mineral foi determinada em forno mufla a 550°C por 4h. O conteúdo de aminoácidos dos ingredientes foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) pelo Laboratório LAMIC/UFMS.

Cálculos:

$$\text{Ganho em peso relativo (GPR) (\%)} = 100 \times (\text{Pf} - \text{Pi}) / \text{Pi}$$

$$\text{Taxa de crescimento específico (TCE) (\%dia)} = 100 \times (\ln \text{Pf} - \ln \text{Pi}) / t$$

$$\text{Fator de condição (FC)} = \text{peso}/(\text{comprimento total})^3 \times 100$$

$$\text{Taxa de retenção proteica aparente (TRP) (\%)} = 100 * [(\text{Pf} * \text{PBCf}) - (\text{Pi} * \text{PBCi})] / (\text{ACt} * \text{PBCc})$$

$$\text{Eficiência alimentar (EA) (\%)} = (\text{GP/I}) \times 100$$

$$\text{Conversão alimentar aparente (CA)} = \text{ACt} / (\text{Pf} - \text{Pi})$$

Rendimento de carcaça (RC) (%) = (Peso do peixe sem vísceras com branquias/Peso do peixe inteiro)x100

Índice hepatossomático (IHS): (peso do fígado / peso do peixe)*100)

Índice digestivossomático (IDS): (peso do trato / peso do peixe)*100)

onde: GPf = ganho em peso final; GPi = ganho em peso inicial; t = tempo de experimento em dias; Pf = peso médio final do peixes inteiro (g); Pi = peso médio inicial do peixes inteiro (g); PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; PBC= proteína bruta da dieta; ACt= alimento consumido total.

5.2.4 Análise estatística

As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade, análises de variância, seguido de regressão polinomial, que apresentou o melhor ajuste. Para isto, além da significância ao modelo, levou-se conta o coeficiente de determinação, estabelecendo como critério para escolha de um modelo de regressão polinomial mais complexo, a distância mínima de 3% para o mesmo. Quando os resultados não apresentaram ajuste à regressão, o procedimento adotado foi comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o pacote estatístico SAS (2001).

5.3 Resultados

5.3.1 Crescimento e desempenho

O crescimento dos alevinos de jundiás (Tabela 3) foi influenciados significativamente ($P<0,05$) pelos níveis de metionina na dieta, com exceção do índice de sobrevivência. Já o GPR, TCE e FC, apresentaram incremento com o aumento de metionina na dieta até o nível de inclusão de 3,0% da PB e mantendo constante acima deste. Os peixes alimentados com 2,3 a 3,7% da PB, apresentaram maior CRP, entretanto o nível de inclusão de 2,3% da PB, não diferiu dos demais, exceto do nível mínimo. Quanto ao IEA e CAA, houve uma crescente melhoria até o nível de inclusão de metionina de 3,0% da PB, mantendo-se constante nos níveis acima deste testado. Os peixes alimentados com a dieta contendo nível de metionina de 0,9% da PB, apresentaram menor GPR, TCE, FC, CRP e IEA.

Tabela 3 – Desempenho de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas

Variáveis	Níveis de metionina (% da PB)					
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4
PI (g)	3,26±0,01	3,25±0,01	3,25±0,01	3,26±0,01	3,26±0,01	3,25±0,01
PF (g)	11,67±1,68 ^d	17,18±2,17 ^c	21,02±1,43 ^{bc}	27,38±2,61 ^a	26,93±1,58 ^a	24,14±1,39 ^{ab}
GPR (%)	258,58±52,03 ^d	428,19±66,61 ^c	546,85±43,93 ^{bc}	740,47±79,45 ^a	726,09±50,49 ^a	644,59±43,04 ^{ab}
TCE (%)	1,21±0,14 ^d	1,58±0,12 ^c	1,77±0,06 ^{cb}	2,02±0,09 ^a	2,01±0,06 ^a	1,91±0,06 ^{ab}
FC	0,76±0,05 ^b	0,81±0,03 ^{ab}	0,82±0,03 ^a	0,85±0,01 ^a	0,84±0,02 ^a	0,83±0,01 ^a
TRP (%)	1,87±0,31 ^d	2,37±0,22 ^{cd}	3,03±0,35 ^{abc}	3,32±0,49 ^{ab}	3,36±0,15 ^a	2,66±0,20 ^{cb}
EA	0,38±0,02 ^b	0,43±0,06 ^{ab}	0,47±0,06 ^{ab}	0,52±0,04 ^a	0,52±0,02 ^a	0,49±0,05 ^a
CAA	3,29±0,21 ^a	2,89±0,22 ^b	2,54±0,22 ^{bc}	2,13±0,12 ^d	2,21±0,06 ^{dc}	2,22±0,16 ^{dc}
SOB (%)	96,67±6,65	90,00±8,61	90,00±8,61	96,67±3,85	86,66±7,70	90,00±8,61

PI, peso corporal inicial; PF, peso corporal final; GPR, ganho de peso relativo; TCE, taxa de crescimento específico; TRP, taxa de retenção protéica aparente; EA, eficiência alimentar; FC, fator de condição; CAA, conversão alimentar aparente; SOB, sobrevivência.

Médias e desvio padrão de 4 repetições. Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha diferem significativamente ($P<0,05$).

A determinação da exigência de metionina para os juvenis de jundiá foi realizada através da análise por regressão polinomial de segunda ordem, usando como base os dados de

GPR e TCE (Figura 1). O nível ótimo, que apresentou o maior GPR e TCE, para alevinos de jundiá, foi estimado em 3,59 e 3,46% da PB, mantendo o nível de 0,19% da PB de cistina, correspondendo assim a 1,33 e 1,28% da dieta, ou um total de aminoácido sulfurado de 3,78 e 3,65% da PB, respectivamente.

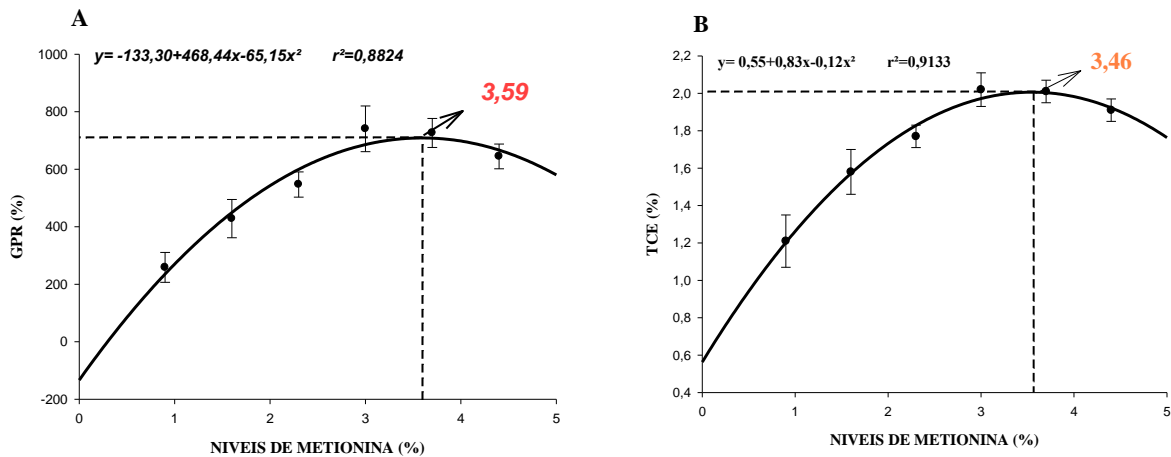


Figura 1 – Ganho em peso relativo (A) e Taxa de crescimento específico (B) de juvenis de jundiá alimentados com seis níveis de metionina, após 105 dias experimentais.

5.3.2 Composição corporal e índices corporais

A composição corporal do peixe inteiro e os índices corporais de alevinos de jundiá alimentados com seis níveis de inclusão de metionina nas dietas estão apresentados na tabela 4. Apenas UM e MM do peixe inteiro foram alteradas significativamente ($P < 0,05$) pelos níveis de metionina, onde o menor teor de UM foi encontrado nos peixes alimentados com 4,4% da PB, diferindo apenas dos níveis 2,3; 3,0 e 3,7% da PB, e o maior teor de UM foi do nível 2,3% da PB. Já a composição de PB e EE do peixe inteiro mostrou não ser influenciada pelos seis níveis de metionina da dieta. O menor nível de MM foi encontrado nos peixes alimentados com 3,7% da PB, entretanto este diferiu apenas do nível de 0,9% da PB. Quanto aos índices corporais (IHS e IVS), estes não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4 – Composição corporal e índices corporais de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas

Variáveis	Níveis de metionina (% da PB)					
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4
UM (%)	76,02±1,17 ^{ab}	76,21±0,84 ^{ab}	77,41±1,23 ^a	77,08±0,23 ^a	77,31±0,46 ^a	74,76±1,18 ^b
PB (%)	13,64±0,99	14,02±0,82	14,45±0,60	14,10±1,00	13,80±1,12	13,85±0,60
EE (%)	5,53±0,76	6,32±0,33	6,86±0,81	6,29±1,04	6,17±0,92	6,96±1,27
MM (%)	3,03±0,22 ^a	2,74±0,20 ^{ab}	2,45±0,15 ^{ab}	2,45±0,35 ^{ab}	2,18±0,31 ^b	2,70±0,31 ^{ab}
Índices corporais						
IHS	1,80±0,21	1,48±0,21	1,35±0,27	1,46±0,17	1,80±0,15	1,76±0,18
IVS	3,45±0,35	3,40±0,51	3,61±0,66	3,38±0,15	3,54±0,14	3,39±0,33

UM, unidade; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; MM, matéria mineral; IHS, índice hepatossomático; IVS, índice digestivossomático.

Médias e desvio padrão de 4 repetições. Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha diferem significativamente ($P < 0,05$).

5.3.3 Análises bioquímicas, sanguínea e hepática

Tabela 5 – Parâmetros sanguíneos de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas

Variáveis	Níveis de metionina (% da PB)						CV	P
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4		
TRIG	394,31 ^{ab}	387,64 ^{ab}	386,08 ^{ab}	356,96 ^b	398,43 ^{ab}	435,69 ^a	749	0,05
PROT	2,76 ^b	3,34 ^a	3,19 ^a	3,47 ^a	3,52 ^a	3,50 ^a	6,11	0,05
GLI	39,47 ^b	42,68 ^{ab}	44,47 ^{ab}	47,10 ^a	38,03 ^b	39,26 ^b	8,75	0,05
COL	110,65 ^a	91,69 ^{ab}	87,34 ^b	79,76 ^b	92,74 ^{ab}	93,71 ^{ab}	10,90	0,05
AAL	7,96 ^b	12,75 ^a	13,85 ^a	13,59 ^a	13,26 ^a	12,06 ^a	11,26	0,05

CV: Coeficiente de variação; TRIG: triglicerídeos (mg/gL); PROT: proteínas totais (g/dL); GLI: glicose (mg/gL); COL: colesterol total (mg/gL); AAL: aminoácidos livres (mmol/dL).

As médias na mesma linha com diferentes sobrescritos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O conteúdo de TRIG, PROT, GLI, COL e AAL, no plasma apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) para os níveis de metionina da dieta e estão demonstrados na tabela 5. TRIG no plasma foi menor para os peixes alimentados com 3,0% da PB, diferiu apenas do nível 4,4 % da PB. A PROT plasmática foi menor no nível 0,9% da PB, diferindo de todos os demais níveis. A GLI plasmática foi menor no nível 3,7% da PB, entretanto diferiu apenas do 3,0% da PB, que apresentou o maior nível de GLI plasmática este não diferindo dos níveis 1,6

e 2,3% da PB. Quanto aos níveis de COL plasmáticos, o menor nível foi encontrado para o nível 3,7% da PB, que diferiu apenas do nível 0,9% da PB. Já para o teor de AAL no plasma, o menor nível foi encontrado nos peixes tratados com o menor nível de metionina 0,9% da PB, e os demais tratamentos não diferiram entre si.

Os parâmetros hepáticos dos juvenis de jundiás alimentados com seis níveis de metionina apresentaram diferença estatística significativa ($P < 0,05$) para PROT, GLC, GLI, AAL, ALT e AST, como apresentado na Tabela 6. O maior nível de PROT hepática foi encontrado no nível 2,3% da PB, que não diferiu do nível 3,7% da PB, e este não diferindo de outros tratamentos. Os peixes alimentados com o nível 1,6% da PB apresentaram o maior nível de GLC no fígado, sendo que os demais tratamentos apresentaram um menor conteúdo de GLC, não diferindo entre eles. GLI apresentou maior nível nos peixes alimentados com 2,3% PB, diferindo apenas do nível 3,7% da PB. Já o menor teor de AAL no fígado foi encontrado no nível 3,0% da PB, que não diferiu dos níveis 0,9 e 3,7% da PB. Quanto a ALT, o maior nível foi encontrado para os peixes alimentados com nível de 4,4 % da PB, enquanto que a AST, o maior nível foi no 0,9% da PB, que não diferiu dos níveis 3,0 e 3,7% da PB.

Tabela 6 – Parâmetros hepáticos de juvenis de jundiás alimentados com seis dietas com diferentes níveis de metionina por 15 semanas

Variáveis	Níveis de metionina (% da PB)						CV	P
	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4		
PROT	11,55 ^c	13,29 ^{bc}	18,02 ^a	16,94 ^{ab}	11,05 ^c	13,04 ^{bc}	14,70	0,05
GLC	13,75 ^b	15,74 ^a	14,27 ^b	14,60 ^b	13,91 ^b	14,15 ^b	3,20	0,05
GLI	276,36 ^a	263,60 ^{ab}	282,89 ^a	266,04 ^{ab}	246,07 ^b	257,94 ^{ab}	5,13	0,05
AAL	50,86 ^{bc}	54,63 ^{ab}	52,80 ^{ab}	46,41 ^c	51,97 ^{abc}	56,70 ^a	5,69	0,05
ALT	29,81 ^b	25,95 ^b	34,58 ^b	27,96 ^b	27,72 ^b	51,11 ^a	24,15	0,05
AST	1881,16 ^a	1415,78 ^c	1274,04 ^c	1546,94 ^{ab}	1708,55 ^{ab}	1404,21 ^c	9,44	0,05

CV: Coeficiente de variação; PROT: proteína (mg/g de tecido); GLC: glicogênio ($\mu\text{mol/g}$ de tecido); GLI: glicose ($\mu\text{mol/g}$ de tecido); AAL: aminoácidos livres ($\mu\text{mol/g}$ de tecido); AST: aspartato aminotransferase (UI/mg de tecido); ALT: alanina aminotransferase (UI/mg de tecido). Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.4 Discussão

Os resultados obtidos indicam que a deficiência de metionina na dieta reduz o ganho em peso e eficiência alimentar, mostrando assim que a metionina é um aminoácido essencial para o crescimento de juvenis de jundiá. A resposta quanto ao crescimento e a eficiência alimentar dos juvenis de jundiá demonstra que estes são capazes de utilizar metionina sintética suplementadas nas dietas. Experimentos dose-resposta com a inclusão gradual de aminoácidos são aceitos como o principal método para determinação da exigência em aminoácidos (COWEY, 1995). Os resultados ainda indicam que a exigência em metionina para juvenis de jundiá é de 3,46 e 3,59% da PB, (1,29 e 1,33% da dieta), com base nos dados da TCE e do GPR respectivamente. O menor ganho em peso dos juvenis de jundiá, alimentados com os menores níveis de metionina, demonstra que a metionina é um dos primeiros aminoácidos essenciais limitantes juntamente com a lisina, conforme salientado por Gatlin (2002). Parte da exigência em metionina pode ser suprida pelo aminoácido não essencial cistina, sendo assim, os peixes apresentam exigência quanto ao total de aminoácidos sulfurados (TAAS), em vez de apenas exigência em metionina (WILSON e HALVER, 1986). No presente estudo, foi mantido constante o nível de cistina nas dietas, sendo assim, a exigência quanto ao TAAS para juvenis de jundiá é de 3,78 e 3,65% da PB, para GPR e TCE, respectivamente.

A exigência em metionina determinada neste estudo de 3,46 e 3,59% da PB, difere do valor encontrado por Meyer e Fracalossi (2005), que estimaram exigência dietéticas de aminoácidos para o jundiá, através da análise de aminoácidos no músculo de peixes coletados na natureza e de cultivo, levando em conta a exigência média de outras espécies onívoras que foi de 2,13% da PB. Entretanto, próximo ao encontrado para outras espécies como juvenis de *Paralichthys olivaceus* (3,10% da PB; ALAM et al., 2001) e *Pseudosciaena crocea* R. (3,34% da PB; MAI et al., 2006). Mas acima da encontrada para juvenis de *Trachinotus ovatus* (2,46 – 2,95% da PB; NIU et al., 2013), juvenis de *Epinephelus coioides* (2,73% da PB; LUO et al., 2005), juvenis de *Rachycentron canadum* (2,64% da PB; ZHOU et al., 2006) e juvenis de *Sebastes schlegeli* (2,80% da PB; YAN et al., 2007).

Ao considerar a exigência do TAAS, neste estudo (3,78 e 3,65% da PB), esta encontra-se bem próximo ao encontrado por Montes-Girao e Fracalossi (2006), que determinaram a exigência dietética de lisina para o jundiá, posteriormente através do modelo da proteína ideal estimaram a exigência dos demais aminoácidos para a espécie, apontando

como exigência em TAAS para o jundiá de 3,70% da PB quando analisado por regressão segmentada.

Entretanto, encontra-se acima da exigência do TAAS estimada por Meyer e Fracalossi (2005), para o jundiá (3,11% da PB), além de outras espécies como de juvenis do híbrido *Morone chrysops x M. saxatilis* (2,90% da PB; KEEMBIYEHETTY e GATLIN, 1993), juvenil de *Paralichthys olivaceus* (3,23% da PB; ALAM et al., 2001), *Epinephelus coioides* (3,27% da PB; LUO et al., 2005) e juvenis de *Sebastes schlegeli* (3,04% da PB; YAN et al., 2007.). Mas inferior ao estimado por Montes-Girao e Fracalossi (2006), para o jundiá quando analisado por regressão polinomial (4,30% da PB), além de outras espécies como *Pseudosciaena crocea* R. (4,02% da PB; MAI et al., 2006) e juvenis de *Rachycentron canadum* (4,13% da PB; ZHOU et al., 2006).

Existem muitos fatores que afetam a determinação da exigência em aminoácidos, incluindo a espécie, tamanho do peixe, ingredientes da ração, palatabilidade, regime alimentar e condições ambientais (RODEHUTSCORD et al., 1997). Além de que, parte da exigência em metionina pode ser suprida pela cistina, sendo assim, a presença de cistina na dieta reduz a exigência em metionina, para alcançar o máximo crescimento (MAI et al., 2006). Pois, a cistina na dieta tem efeito poupador de metionina em várias espécies de peixes (WILSON e HALVER, 1986), onde a exigência do TAAS pode ser atendida pelo aminoácido sozinho ou pela mistura metionina mais cistina (AHMED et al., 2003). Assim como demonstrado em estudos anteriores, a cistina pode representar 60% sobre a exigência em metionina para channel catfish (HARDING et al., 1977), 42% para *Oncorhynchus mykiss* (KIM et al., 1992) e 50% para *Perca flavescens* (TWIBELL et al., 2000). Entretanto, a eficiência na conversão de metionina em cistina e o efeito poupador da cistina para exigência em metionina nas dietas para alevinos de jundiá ainda não foram avaliados, devendo este tema ser mais estudada.

Para o máximo crescimento é necessário balanço entre os aminoácidos. Neste estudo observou-se decréscimo no crescimento a partir do melhor nível de inclusão 3,46 e 3,59% da PB. Isso se dá provavelmente devido ao desequilíbrio da composição dos aminoácidos na dieta desviando, assim, os aminoácidos para o processo de catabolismo em vez do processo de anabolismo (ZHOU et al., 2011). Respostas semelhantes foram observadas em trabalhos com outras espécies (MAI et al., 2006; ZHOU et al., 2011; AHMED, 2014; KHAN e ABIDI, 2013). Provavelmente, o nível excessivo de metionina sofre oxidação gerando acúmulo de corpos cetônicos, além de outros metabólicos tóxicos que apresentam efeitos adversos sobre o crescimento (MUTHY e VARGHESE, 1998). Berge et al. (2004) sugerem que é necessário certo equilíbrio na concentração dos aminoácidos no intestino, para a eficiente absorção de

metionina. Deficiência de metionina na dieta pode resultar na formação de catarata em algumas espécies (RUCHIMAT et al., 1997; TAKAGI et al., 2001), entretanto este parâmetro não foi analisado neste estudo.

Os níveis de metionina na dieta influenciaram significativamente no conteúdo de umidade e matéria mineral no peixe inteiro, diferente do observado por Niu et al. (2013), que verificaram diferença apenas para o conteúdo de proteína e lipídeo no corpo inteiro de *Trachinotus ovatus*. A maior concentração de matéria mineral observada nos peixes que receberam o menor nível de metionina da dieta, e a menor concentração de umidade encontrada nos peixes que receberam o maior nível de metionina, provavelmente esteja relacionada à menor deposição muscular, já que apresentaram menor crescimento e menor taxa de retenção proteica. Walton et al. (1982) relatam que a relação metionina/cistina altera o IHS, ao observar diminuição do IHS quando há aumento dos níveis de metionina e diminuição na cistina na dieta. Mas quando se tem aumento na concentração de cistina na dieta, ocorre leve aumento no IHS, como observado em alevinos de *Heteropneustes fossilis* (AHMED, 2014). Espe et al. (2008) relataram que a baixa ingestão de metionina resultou em significativo aumento do fígado em relação ao tamanho/aumento corporal. Entretanto, no presente estudo não foi verificada alteração significativa no IHS frente aos níveis de metionina testados, corroborando com Zhou et al. (2006).

São escassos os trabalhos que apresentam os efeitos dos níveis de metionina em relação à concentração de proteínas totais, triglicerídeos, colesterol, glicose e aminoácidos livres no plasma. No presente estudo, todas as variáveis foram influenciadas significativamente pelos níveis de metionina da dieta, o que já foi reportado para algumas espécies (LUO et al., 2005; ZHOU et al., 2006; NIU et al., 2013). Entre os componentes do plasma, os menores níveis de proteína e aminoácidos livres foram encontrados nos peixes alimentados com o menor nível de metionina na dieta. Já os maiores níveis de triglicerídeos e colesterol foram encontrados no maior nível de metionina da dieta. Somado aos maiores níveis de AST no fígado e menor CRP, provavelmente os peixes estavam em catabolismo de aminoácidos, uma vez que esta enzima (AST) está envolvida neste catabolismo. O aumento na atividade da mesma pode indicar que havia desbalanço de aminoácido na dieta, o que pode levar os animais a utilizar proteína para obter energia e comprometer a síntese proteica (RIEGEL, 2001).

Houve aumento na TCE até o nível ótimo de metionina (3,46% da PB) e acima deste já foi observado decréscimo deste parâmetro. Deve ser reportado que os níveis excessivos de aminoácidos podem tornar-se tóxicos e apresentar efeito adverso sobre o crescimento, porque

o consumo desproporcional influencia a absorção e a utilização de outros aminoácidos (MURTHY e VARGHESE, 1998). A síntese de proteína é limitada pelo aminoácido restritivo. Sendo os aminoácidos em excesso oxidados, processo este que demanda energia adicional para desaminação e excreção dos mesmos, promovendo a redução no crescimento naqueles peixes alimentados com níveis elevados de aminoácidos na dieta (WALTON, 1995).

5.5 Conclusão

A metionina é um aminoácido essencial para o crescimento de juvenis de jundiá, que apresentam eficiente capacidade de utilizar aminoácidos sintéticos. Com base nos dados de GPR e TCE, a exigência dos juvenis de jundiá para metionina foi estimada entre 3,46 e 3,59% da PB ou 1,29 e 1,33% da dieta, com um teor 0,07% de cistina da dieta. Sendo assim, a exigência em TAAS, do presente estudo é de 3,65 e 3,78% da PB.

5.6 Agradecimentos

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado (Daniel Antonio Rotili). Ao CNPq pelas bolsas de produtividade em Pesquisa (João Radünz Neto e Leila Picolli da Silva). À Ajinomoto pela doação dos aminoácidos sintéticos.

5.7 Referências bibliográficas

AHMED, I.; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary methionine requirement of fingerling India major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Internacional**, v. 11, n. 5, p. 449–462, 2003.

AHMED, I. Dietary amino acid L-methionine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch-1974) estimated by growth and haemato-biochemical parameters. **Aquaculture Research**, v.45, n.2, p.243–258, 2014.

ALAM, M.D.S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M. Methionine requirement of juvenil japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 31, n. 4, p. 618-626, 2000.

ALAM, M.S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; YANIHARTO, D. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. **Aquaculture Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 201–209, 2001.

AOAC (1995). Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. **Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA**.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria: UFSM, 2004. 232 p.

BALDISSEROTTO, B.; SILVA, L.V.F. Qualidade da água. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. (Org.). **Criação do jundiá**. Santa Maria: Ed.UFSM, 2004, p. 73-94.

BERGE, G.E.; GOODMAN, M.; ESPE, M.; LIED, E. Intestinal absorption of amino acids in fish: Kinetics and interaction of the *in vitro* uptake of L-methionine in Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). **Aquaculture**, v. 229, n. 1, p. 265-273, 2004.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRADFORD, M.M.A. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

CARDOSO, A.P.; RADÜNZ NETO, J.; MEDEIROS, T.S.; KNÖPKER, M.A.; LAZZARI, R. Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com rações granuladas contendo fígados ou hidrolisados. **Acta Scientiarum-Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p.457-462, 2004.

COLDEBELLA, I. J.; RADUNZ NETO, J.; MALLMANN, C. A.; WEIVERBERG, C. A.; BERGAMIN, G. T.; FABIO A. P.; FERREIRA, D.; BARCELLOS, L.J.G. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. Amsterdam, **Aquaculture**, v. 312, n. 1-4, p. 137-144, 2011.

COWEY, C.B. Protein and amino acids requirements: a critique of methods. **Journal Applied Ichthyology**, v. 11, n. 3-4, p. 199–204, 1995.

ESPE, M.; HEVROY, E.M.; LIASET, B.; LEMME, A.; EL-MOWAFI, A. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 132–141, 2008.

FONTINELLI, E.; RADÜNZ NETO, J. Efeito do concentrado proteico de soja em rações, com e sem suplementação em aminoácidos, para pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 225-229, 2007.

FRACALOSSO, D.M.; MEYER, G.; WEINGARTNER, M.; SANTAMARIA, F.; ZANIBONI FILHO, E. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e dourado, *Salminus brasiliensis* em viveiros de terra na região Sul do Brasil. **Acta Scientarium**, v. 26, n. 3, p. 345-352, 2004.

GATLIN III, D.M. Red drum, *Sciaenopsacellatus*. In: Webster , C.D., Lim, C.E.(Eds), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 147-158, 2002.

GOFF, J.B.; GATLIN, D.M. III. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystein for methionine. **Aquaculture**, v. 241, p. 465–477, 2004.

HARDING, D.E.; ALLEN, O.W.; WILSON, R.P. Sulfur amino acid requirement of channel catfish: L-methionine and L-cystine. **Journal Nutrition**, v. 107, n. 11, p. 2031–2035, 1977.

KHAN, M.A.; ABIDI, S.F. Dietary methionine requirement of Indian major carp fry, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) based on growth, feed conversion and nitrogen retention efficiency. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 2, p. 268-281, 2013.

KEEMBIYEHETTY, C.N.; GATLIN, D.M. III. Total sulphur amino acid requirement of juvenile hybrid striped bass (*Morone chrysops x M. saxatilis*). **Aquaculture**, v. 110, n. 3-4, p. 331–339, 1993.

KIM, K.I.; KAYES, T.B.; AMUNDSON, C.H. Requirements for sulphur amino acids and utilization of D-methionine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 101, n. 1-2, p. 95–103, 1992.

LOPES, P.R.S.; POUHEY, J.L.O.F.; ENKE, D.B.S.; MARTINS, C.R.; TIMM, G. Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes níveis de energia na dieta. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 4, p. 32-37, 2006.

LUO, Z.; LIU, Y.; MAI, K.; TIAN, L.; YANG, H.; TAN, X.; LIU, D. Dietary L-methionine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level. **Aquaculture**, v. 249, p. 409–418, 2005.

MAI, K.S.; WAN, J.L.; AI, Q.H.; XU, W.; LIUFU, Z.G.; ZHANG, L.; ZHANG, C.X.; LI, H.T. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, v. 253, n. 1-4, p. 564–572. 2006.

MELO, J. F. B. **Digestão e metabolismo de jundiá *Rhamdia quelen* submetidos a diferentes regimes alimentares**. 2004. 80f. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MEYER, G.; FRACALOSSI, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, n. 1-4, p. 331–343, 2004.

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

MILLWARD, D.J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. **Aquaculture**, v. 79, n. 1-4, p. 1-28, 1989.

MONTES-GIRAO, P.J.; FRACALOSSI, D.M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

MURTHY, H.S.; VARGHESE, T.J. Total sulphur amino acid requirement of the Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 61–65, 1998.

NIU, J., DU, Q.; LIN, H.-Z.; CHENG, Y.-Q.; HUANG, Z.; WANG, Y.; WANG, J.; CHEN, Y.-F. Quantitative dietary methionine requirement of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus* at a constant dietary cystine level. **Aquaculture Nutrition**, v.19, n.5, p. 677-686, 2013.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C: National Academes Press, 2011. 376p.

PARK, J.T.; JOHNSON, M.J. A submicro determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, v. 181, n. p. 149-151, 1949.

PORTZ, L.; FURUYA, W.M. Energia, Proteína e Aminoácidos. In: FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. **NUTRIAQUA (Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aqüicultura brasileira)**. Florianópolis, 2012, p. 65-74.

REIDEL, A.; ROMAGONA, E.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R.; COLDEBELLA, A.; SIGNOR, A.A. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 39, n. 2, p. 233-240, 2010.

RIEGEL, R. E. **Bioquímica**. 3 Ed. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2001. 548 p.

ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P.; POE, W.E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. **Journal of Nutrition**, v. 111, n. 1, p. 46-52, 1981.

RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate amino acids. **Journal of Nutrition**, v. 127, n. 6, p. 1166-1175, 1997.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; SHIMENO, S. Quantitative methionine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v. 150, n. 1-2, p. 113-122, 1997.

SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; BELLAGAMBA, M.; CARNEVIA, D. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, n. 1-4, p. 435-444, 2004.

SAS - Statistical Analysis System. **User's Guide**. Version 8.02. 4. ed. North Caroline: SAS INSTITUTE INC, 2001.

SPIES, J.R. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzimology**, v.3, p.467-477, 1957.

SILFVERGRIP, A.M.C. **A systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae)**. 1996. 156 f. PhD Thesis, Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History, 1996.

TAKAGI, S.; SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; UKAWA, M. Effect of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 67, n. 6, p. 1088–1096, 2001.

TWIBELL, R.G.; WILSON, K.A.; BROWN, P.B. Dietary sulfur amino acid requirement of juvenile yellow perch fed the maximum cystine replacement value for methionine. **Journal of Nutrition**, v. 130, n. 3, p. 612–616, 2000.

WALTON, M.J. **Aspects of amino acid metabolism in teleost fish**. In: Nutrition and Feeding in Fish (Cowey, C.B., Mackie, A.M. & Bell, J.G. eds), p. 47–67. Academic Press, London. 1985.

WALTON, M.J.; COWEY C.B.; ADRON J.W. Methionine metabolism in *rainbow trout* fed diets of differing methionine and cystine content. **Journal of Nutrition**, v. 112, n. 8, p.1525–1535,1982.

WILSON, R.P. **Amino acid and proteins**. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (editors). **Fish Nutrition**. Ed. Academic Press, 3rd ed., 824p.

WILSON, R.P.; HALVER, J.E. Protein and amino acid requirements of fishes. **Annual Review Nutrition**, v. 6, p. 225–244. 1986.

YAN, Q.; XIE, S.; ZHU, X.; LEI, W.; YANG, Y. Dietary methionine requirement for juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 163–169, 2007.

ZHOU, Q.C.; WU, Z.H.; TAN, B.P.; CHI, S.Y.; YANG, Q.H. Optimal dietary methionine requirement for Juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 551–557, 2006.

ZHOU, Q.C.; WU, Z.H.; CHI, S.Y.; YANG, Q.H. Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 273, n. 4, p. 634–640, 2007.

ZHOU, F.; XIAO, J.X.; HUA, Y.; NGANDZALI, O.B.; SHAO, Q.J. Dietary L-methionine requirement of juvenile black sea bream (*Sparus macrocephalus*) at a constant dietary cystine level. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 5, p. 469-481, 2011.

6. DISCUSSÃO GERAL

Vários fatores devem ser considerados na avaliação de um ingrediente, para sua escolha na inclusão de dietas práticas e semipurificadas, o primeiro deles é a caracterização quanto à composição química e a variabilidade desta composição, levando em conta que esta pode mudar conforme sua origem, armazenamento e processamento. Na sequência a avaliação da digestibilidade é de extrema importância, para determinar quanto de seus nutrientes serão aproveitados pelo peixe, a palatabilidade é outro importante fator que pode determinar quanto deste pode ser incluído na formulação, outros fatores importantes a ser considerados é a presença de fatores antinutricionais, micotoxinas, além de verificar quanto deste pode interferir no processamento adequado das dietas.

Os peixes possuem hábitos alimentares distintos, variando conforme o nível trófico aonde ele é encontrado no ambiente aquático, sendo entre os grupos de vertebrados os que apresentam maior número de especializações. Portanto, o hábito alimentar altera a anatomia do sistema digestivo refletindo, assim, em diferenças no aproveitamento de ingredientes entre as espécies. Justificando, portanto a necessidade da determinação de digestibilidade *in vivo* de ingredientes para o melhor aproveitamento e correta formulação de dietas. A determinação da digestibilidade tem sido uma das principais ferramentas para avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, indicando o seu valor nutricional, assim como dos níveis de nutrientes não digeridos, que irão compor a maior parte dos resíduos acumulados no meio aquático (FURUYA et al., 2001).

A determinação da digestibilidade *in vivo* em peixes pode ser feita através de dois métodos: direto e indireto. Uma vez que nenhum dos métodos considera a presença de material de origem endógena ou metabólica nas fezes, os dados obtidos são de digestibilidade aparente e não verdadeira (NRC, 2011). Neste trabalho, a digestibilidade foi determinada pelo método indireto, que consiste na coleta parcial de fezes através do uso de indicador inerte na dieta, também denominado método do indicador (KITAGIMA e FRACALOSSO, 2010).

Os coeficientes de digestibilidade aparente de MS, PB e EB foram estatisticamente diferentes entre alguns ingredientes, onde a FPC, FJ, M, C e G apresentaram maior digestibilidade da MS, com 77,03 a 95,66%, já para PB o CPS apresentou menor digestibilidade 59,70% comparado aos demais ingredientes FPC, FCO, FJ, G e C, que variou

de 87,19 a 99,59% respectivamente. Da mesma forma, para EB o CPS também apresentou menor digestibilidade (71,59%), não diferindo apenas do AM com 73,59%, sendo os ingredientes FCO, FJ, FPC, G e C de maior digestibilidade apresentando 82,70 a 85,79%.

A baixa digestibilidade de energia e matéria seca de alguns produtos vegetais parece estar relacionada à quantidade e composição química dos carboidratos (LEE, 2002). A digestibilidade da energia apresentou correlação negativa com os teores de carboidratos dos ingredientes testados. Tendências semelhantes sobre a relação inversa entre teores de carboidratos e fibra na digestibilidade da energia têm sido relatado para *Sebastes schlegeli* (LEE, 2002) e salmónídeos (SUGIURA et al., 1998). Neste estudo esta relação pôde ser observada, sendo que a digestibilidade da energia bruta da G, C, FJ, FPC e FCO foi superior aos do CPS, M e AM, ingredientes estes que apresentam maiores teores de fibra e carboidratos quando comparados aos demais. Rodrigues et al. (2012), avaliando a utilização de fontes vegetais com diferentes níveis de fibra alimentar, para os onívoros tilápia-do-nylo e jundiá, encontraram redução na digestibilidade da proteína, energia e matéria seca com o aumento de fibras dos ingredientes para ambas as espécies, o que vai de encontro aos resultados apresentados neste estudo.

Em ensaios para a determinação de exigências nutricionais em peixes, as dietas experimentais devem ser formuladas com ingredientes semipurificados, de composição química bem definida, permitindo controle completo dos efeitos do nutriente testado, assegurando assim alta digestibilidade da dieta, como demonstrado neste estudo. Porém, muitas vezes as dietas semipurificadas apresentam baixa palatabilidade para algumas espécies a alternativa é incluir ingrediente prático, como farinha de peixe de alta qualidade, cuja contribuição em nutrientes seja conhecida em detalhes a fim de evitar qualquer confundimento na dieta experimental (NRC, 2011). Neste estudo, podemos concluir que tanto os ingredientes semipurificados quanto FJ, FPC e FCO, apresentam condições ideais para compor dieta experimental, contribuindo com melhora na palatabilidade, uma vez que se deve observar a qualidade e a padronização destes ingredientes sempre que utilizá-los em dietas experimentais.

A utilização de farinha de peixe (jundiá) (preparada através de peixes que não atingiram o peso de abate em período adequado), neste trabalho com objetivo de determinar a exigência nutricional de metionina para juvenis de jundiá, proporcionou melhor palatabilidade, refletindo no maior desenvolvimento quando comparado a trabalhos de exigência nutricional que utiliza apenas alimentos semipurificados para o jundiá. Sendo que neste trabalho foi encontrada ganho em peso de 24,12g em 105 dias, superior ao maior ganho

em peso 9,89g em 119 dias, encontrado no trabalho utilizando ingredientes semipurificados, para determinar a exigência em lisina para juvenis de jundiá (MONTES-GIRAO e FRACALOSSI, 2006).

A metionina é um aminoácido essencial, exigido por todos os animais, inclusive peixes e crustáceos, para a síntese de proteína (ALAM et al., 2005). Além disso, a metionina pertence ao grupo dos aminoácidos neutros que contém enxofre, servindo de fonte de enxofre para a cistina em animais e seres humanos (NIU et al., 2013). A importância da metionina está no fato de a mesma fornecer enxofre para muitos componentes celulares, contribuindo com o grupo metil nos processos de transmetilação necessários a formação de proteínas, e por ser usada na biossíntese de colina e tiamina, além de ser convertida em cistina (ALAM et al., 2000). A cistina é um aminoácido não essencial sintetizada através da metionina, e quando presente na dieta tem efeito poupador de metionina. Portanto, é importante considerar o teor de cistina na dieta para quantificar a exigência de metionina das espécies para o máximo crescimento e a utilização eficiente do alimento.

Ao considerar a exigência em metionina e cistina, estamos considerando a exigência quanto ao TAAS. Esta determinação é essencial para nutrição de peixes, principalmente para dietas que apresentam a substituição de fontes proteicas animal por vegetal, pois estes apresentam deficiência em metionina, podendo causar baixo crescimento, redução na eficiência alimentar e cataratas reticular já reportado em salmão (*Salmo solar*) (WALTON et al., 1982).

O presente trabalho manteve nível constante de cistina nas dietas, determinando a exigência quanto ao TAAS para juvenis de jundiá de 3,78 e 3,67% da PB, para GPR e TCE, respectivamente. Quando considerado somente exigência em metionina, este estudo demonstrou estar em 3,46 e 3,59% da PB, o que está próximo ao encontrado para outras espécies como juvenis de *Paralichthys olivaceus* (3,10% da PB; ALAM et al., 2001) e *Pseudosciaena crocea* R. (3,34% da PB; MAI et al., 2006). Já bem acima da encontrada para juvenis de *Trachinotus ovatus* (2,46 – 2,95% da PB; NIU et al., 2013), juvenis de *Epinephelus coioides* (2,73% da PB; LUO et al., 2005), juvenis de *Rachycentron canadum* (2,64% da PB; ZHOU et al., 2006) e juvenis de *Sebastes schlegeli* (2,80% da PB; YAN et al., 2007).

Na Tabela 1, é demonstrada a exigência nutricional de algumas espécies já determinada através de experimentos dose resposta, permitindo comparação com a exigência encontrada neste estudo.

Tabela 1 – Exigência em metionina, cistina e total de aminoácidos sulfurados (TAAS), para diferentes espécies de peixes.

Espécie	Metionina (% da PB)	Cistina (% da PB)	TAAS (% da PB)	Variável	Modelo estatístico	Referência
<i>Rhamdia quelen</i>	3,46 - 3,59	0,19	3,65 - 3,78	GPR; TCE	RP	Presente estudo
<i>Heteropneustes fossilis</i>	2,73	1	3,73	TEA	RP	Ahmed, 2014
<i>Sparus macrocephalus</i>	4,50 - 4,53	0,82	5,32 - 5,35	TCE; DPC	RS	Zhou et al., 2011
<i>Cyprinus carpio</i> L.	2,13	1,04	3,17	PF; DPC	RS	Schwarz et al., 1998
<i>Epinephelus coioides</i>	2,73	0,54	3,27	GPR	RS	Luo et al., 2005
<i>Rachycentron canadum</i>	2,64	1,53	4,16	TCE	RP	Zhou et al., 2006
<i>Perca flavescens</i>	3,20	0,15	3,40	GP; TEA	RS	Twibell et al., 2000
<i>Labeo rohita</i>	2,88	0,35	3,23	GPR	RS	Muthy e Varghese 1998
<i>Pseudosciaena crocea</i> R.	3,22 - 3,34	0,67	3,91 - 4,02	TCE; CAA	RP	Mai et al., 2006
<i>Trachinotus ovatus</i>	2,46 - 2,95	0,47	2,93 - 3,42	GP; TRP	RS	Niu et al., 2013
<i>Cirrhinus mrigala</i>	4,10 - 4,22	2,12	6,22 - 6,34	GP; CAA; TRP	RS; RP	Mukhtar e Abidi 2013
<i>Seriola quinqueradiata</i>	2,56	0,72	3,28	GPR	RS	Ruchimat et al., 1997
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1,8 - 2,0	0,91	2,7 - 3,0	GP; DPC	RS	Tulli et al., 2010
<i>Cyprinus carpio</i>	2,55	0,00	2,55	GP	RS	Xiao et al., 2011
<i>Sebastes spp.</i>	2,80	0,24	3,04	TCE	RP	Yan et al., 2007

RP: Regressão polinomial; RS: Regressão segmentada; TCE: Taxa de crescimento específico; DPC: Deposição de proteína corporal; GPR: Ganho de peso relativo; GP: Ganho de peso; TRP: Taxa de retenção proteica; TEA: Taxa de eficiência alimentar; PF: Peso final; CAA: Conversão alimentar aparente.

A grande variação entre as espécies quanto a exigência em metionina pode estar relacionada a diferenças como: tamanho, idade, condições laboratoriais, incluindo o regime de alimentação, condições ambientais, densidade de estocagem e ingredientes utilizados na formulação da dieta basal, tais como caseína, gelatina, glúten de milho, farinha de peixe, farelo de soja e aminoácidos sintéticos, agrupados em diferentes combinações (TACON e COWEY, 1985; AHMED et al., 2003; LUO et al., 2005; FORSTER e DOMINY 2006; MAI et al., 2006). Também tem sido relatado que a relação metionina/cistina e/ou diferentes níveis de nutrientes relacionados com aminoácidos sulfurados, como a colina, em dietas teste poderia explicar variações nos valores de exigência de metionina e TAAS (KASPER et al., 2000; TWIBELL et al., 2000; DILGER e BAKER, 2008). Entretanto, neste estudo levaram-se em consideração apenas os níveis de metionina e cistina para determinação da exigência quando a metionina e TAAS.

7. CONCLUSÕES GERAIS

Portanto, nas condições do presente estudo, quanto ao ensaio de digestibilidade conclui-se que tanto os ingredientes semipurificados quanto FJ, FPC e FCO, apresentam condições ideais para compor uma dieta experimental, por apresentarem maiores coeficientes de digestibilidade e contribuir com a melhora da palatabilidade. Destaca-se, todavia, ser importante observar a qualidade e a padronização destes ingredientes sempre que utiliza-los em dietas experimentais.

Conclui-se que a metionina é um aminoácido essencial para o crescimento de juvenis de jundiá, que apresentam uma eficiente capacidade de utilizar aminoácidos sintéticos. Com base nos dados de GPR e TCE, a exigência dos juvenis de jundiá para metionina foi estimada em 3,46 e 3,59% da PB ou 1,29 e 1,33% da dieta, com um teor 0,07% de cistina da dieta. Sendo assim, a exigência do TAAS, do presente estudo é de 3,65 e 3,78% da PB. Entretanto a proporção ideal da relação metionina/cistina deve ser estudada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAM, Md.S.; TESHIMA, S.-I; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.31, n.4, p.618-626, 2000.

ALAM, M.S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; YANIHARTO, D. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. **Aquaculture Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 201–209, 2001.

ALAM, M.S.; TESHIMA, S.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; UYAN, O.; HERNANDEZ, L.H.H.; MICHAEL, F.R. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture**, v.248, p.13-19, 2005.

AHMED, I.; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary methionine requirement of fingerling India major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Internacional**, v. 11, n. 5, p. 449–462, 2003.

AHMED, I. Dietary amino acid L-methionine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch-1974) estimated by growth and haemato-biochemical parameters. **Aquaculture Research**, v.45, n.2, p.243–258, 2014.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J.; BARCELLOS, L.G. **Jundiá (*Rhamdia sp.*)**. In: Baldisserotto B.; Gomes L. C. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil, Editora UFSM, Santa Maria, p. 301 – 333, 2010.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria: Editora UFSM. 2004. 232p.

BENDER, D.A. **Nutritional biochemistry of the vitamins**. 2 ed. Cambridge: Cambridge University, 2003, 488p.

BENEVENGA, N.J.; STEELE, R.D. Adverse effects of excessive consumption of amino acids. **Annu. Rev. Nutr.** v. 4, p. 157-181, 1984.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista eletrônica nutritime**, ano 1, v. 1, 2004. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/003V1N1P20_30_JUL2004.pdf. Acesso em 08 de janeiro de 2014.

BORBA M. R.; FRACALOSSO D. M.; FREITAS F. A. Efeito da suplementação de vitamina C sobre a susceptibilidade de alevinos de jundiá. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2007.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.

BERGE, G.E.; GOODMAN, M.; ESPE, M.; LIED, E. Intestinal absorption of amino acids in fish: kinetics and interaction of the in vitro uptake of L-methionine in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). **Aquaculture**, v. 229, p. 265–273, 2004.

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R.; CANTELMO, O.A. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.249-255, 2003.

BRUMANO, G. **Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras leves nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade**. 2008. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CASE, L.P. et al. **Nutrición canina y felina**. Madrid: Hacourt Brace, 1997. 424p.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528 p.

COLDEBELLA, I.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*)., **Ciência Rural** Santa Maria, v. 32, p. 499-503, 2002.

DILGER, R.N.; BAKER, D.H. Cysteine imbalance and its effect on methionine precursor utilization in chicks. **Journal of Animal Science**. v. 86, p. 1832-1840, 2008.

EL-HUSSEINY, O.M.; EL DIN, G.; ABDUL-AZIZ, M.; MABROKE, R.S. Effect of mixed protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.39, p.291-300, 2008.

ESPE, M.; HEVROY, E.M.; LIASET, B.; LEMME, A.; EL-MOWAFI, A. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 274, p. 132–141, 2008.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001.

FINKELSTEIN, J.D. Methionine metabolism in mammals. **Journal Nutrition Biochem.** v. 1, p. 228-237, 1990.

FOSTER, L.P.; DOMINY, W.G. Efficacy of three methionine sources in diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of World Aquaculture Society.** v. 37, p. 474-480, 2006.

GLENCROSS, B.; EVANS, D.; DODS, K.; McCAFFERTY, P.; HAWKINS, W.; MAAS, R.; SIPSAS, S. Evaluation of the digestible value of lupin and soybean protein concentrates and isolates when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using either stripping or settlement faecal collection methods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 245, p. 211-220, 2005.

GOFF, J.B., GATLIN III, D.M. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, (*Sciaenops ocellatus*), and sparing value of cystine for methionine. **Aquaculture**, v. 241, p. 465– 477, 2004.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, J.D. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 779-786, 2003.

HEMRE, G-I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, A. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175-194, 2002.

KASPER, C.S.; WHITE, M.R.; BRAWN, P.B. Choline is required by tilapia when methionine is not in excess. **Journal of Nutrition.** v. 130, p. 238-244, 2000.

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

KITAGIMA, R.E.; FRACALOSSO, D.M. Validation of a methodology for measuring nutrient digestibility and evaluation of commercial feeds for channel catfish. **Scientia Agricola**. v. 67, p. 611-615, 2010.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2186-2192, 2004.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; PEDRON, F.A.; VEIVERBERG, C.A.; BERGAMIN, G.T.; LIMA, R.L.; EMANUELLI, T.; STEFFENS, C. Desempenho e composição dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 477-484, 2008.

LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**. v. 207, p. 79–95, 2002.

LEHNINGER, A. **Aminoácidos, peptídios e proteínas**. In: Lehninger, A. Princípios de bioquímica de Lehninger/4ª edição: Ed. Tecmedd, V. 4, p 74-111, 2007.

LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v. 163, p. 297–307, 1998.

LOPES, P. R. S.; POUHEY, J. L. O. F.; ENKE, D. B. S.; MARTINS, C. R.; TIMM, G. Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes níveis de energia na dieta. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v.4, p. 32-37, 2006.

LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2 ed. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998. 267 p.

LUO, Z.; LIU, Y.; MAI, K.; TIAN, L.; YANG, H.; TAN, X.; LIU, D. Dietary L-methionine requirement of juvenile grouper (*Epinephelus coioides*) at a constant dietary cystine level. **Aquaculture**, v. 249, p. 409–418, 2005.

MACHADO, J.H.; CARRATORE, C.R.D.; FRIZZAS, O.G. MURAROLLI, R.A.; PEZZATO, A.C. Desempenho produtivo de alevinos de jundiá (*Rhamdia sp*) alimentados com diferentes níveis de proteína e energia. In: Urbinati, E.C. e Cyrino, J.E.P. (editores), XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. **Anais do Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 24-29 de junho de 2002**, Goiânia, Brasil, p.89, 2002.

MACK, S. Amino acids in broiler nutrition-requirements and interrelations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 69-86.

MAI, K.S.; WAN, J.L.; AI, Q.H.; XU, W.; LIUFU, Z.G.; ZHANG, L.; ZHANG, C.X.; LI, H.T. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, v. 253, n. 1-4, p. 564–572. 2006.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, p.331–343, 2004.

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

MONTES-GIRAO, P.J.; FRACALOSSO, D.M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2010**. Brasília, 2012.

MUDD, S.H. LEVY, H.L.; KRAUS, J.P. **Disorders of transsulfuration**. In: Scriver, C.R.; Beaudet, A.L.; Sly, W.S.; Valle, D. (Eds). *The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*. New York: McGraw-Hill, 8th ed, p. 2007-2056, 2001.

MUKHTAR, A.K.; ABIDI, S.F. Dietary methionine requirement of Indian carp fry, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) based on growth, feed conversion and nitrogen retention efficiency. **Aquaculture Research**. v. 44, p. 268-281, 2013.

MURTHY, H.S.; VARGHESE, T.J. Total sulphur amino acid requirement of the Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 61–65, 1998.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 5 ed. New York: Worth Publishers, 2008, 1158p.

NGUYEN, T.N.; DAVIS. D.A. Re-evaluation of total sulphur amino acids requirement and determination of replacement value of cystine for methionine in semipurified diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**. v. 15, p. 247-253, 2009.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C: National Academy Press, 2011. 376p.

NIU, J., DU, Q.; LIN, H.-Z.; CHENG, Y.-Q.; HUANG, Z.; WANG, Y.; WANG, J.; CHEN, Y.-F. Quantitative dietary methionine requirement of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus* at a constant dietary cystine level. **Aquaculture Nutrition**, v.19, n.5, p. 677-686, 2013.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, M.D. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PEIL, S.Q.; POUHEY, J.L.O.F.; LOPES, P.R.S.; MARTINS, C.R.; TIMM, G. Adição de vitamina A na dieta de pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Biodiversidade Pampeana**, Uruguiana, v.5, n.1, p.9-15, 2007.

REECE, W.O. Dukes: Fisiologia dos animais domésticos. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 942p.

REIDEL, A.; ROMAGOSA, E.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R.; COLDEBELLA, A.; SIGNOR, A.A. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.2, p.233-240, 2010.

RODRIGUES, A.P.O.; GOMINHO-ROSA, M.D.C.; CARGNIN-FERREIRA, E.; FRANCISCO, A.; FRACALOSSO, D.M. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture nutrition**, v. 18, p. 65-72, 2012.

RUCHIMAT T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA H.; SHIMENO S. Quantitative methionine requirement of yellow tail (*Seriola quinquiradiata*). **Aquaculture**, v. 150, p.113-122. 1997.

SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; BELLAGAMBA, M.; CARNEVIA, D. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, p. 435-444, 2004.

SCHWARZ, F.J.; KIRCHGESSNER, M.; DEURINGER, U.; Studies on the methionine requirement of carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 161, p. 121–129, 1998.

SHIAU, S.Y.; LO, P.S. Dietary choline requirements of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Journal of Nutrition**, v.130, p.100-103, 2000.

SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R.; REIDEL, A.; HAYASHI, C. Exigência de proteína bruta para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Revista Varia Scientia**, v. 04, n. 08, p. 79-89, 2004.

SMALL, B.C.; SOARES, J.H. Quantitative dietary theonine requirement of juvenile striped bass, *Morone saxatilis*. **Journal of World Aquaculture Society**. v. 30, p319-323, 1999.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Acribia, 1987. 275p.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonids feeds. **Aquaculture**, v. 159, p. 17–202, 1998.

TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. **Protein and amino acid requirements**. In: Fish Energetics: New Perspectives (ed, by P. Tyler, e P. Calow), p.155-183. Croom Helm, London, UK. 1985.

TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. **An atlas of fish histology normal and pathological features**. 2.ed. Kodansha: Gustav Fischer Verlag, 1995.

TWIBELL, R.G.; WILSON, K.A.; BROWN, P.B. Dietary sulfur amino acid requirement of juvenile yellow perch fed the maximum cystine replacement value for methionine. **Journal of Nutrition**, v. 130, n. 3, p. 612–616, 2000.

TROMBETTA, C.G.; RADÜNZ NETO, J.; LAZZARI, R. Suplementação vitamínica no desenvolvimento de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1224-1229, 2006.

TULLI, F.; MESSINA, M.; CALLIGARIS, M.; TIBALDI, E. Response of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) to graded levels of methionine (total sulphur amino acids) in soya protein-based semi-purified diets. **British Journal of Nutrition**. v. 104, p. 664-673, 2010.

VIEIRA, I.; CYRINO, J.P.; PEZZATO, L.E. Colina e betaína em rações purificadas na nutrição da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p.675-680, 2001.

WALTON, M.J.; COWEY C.B.; ADRON J.W. Methionine metabolism in *rainbow trout* fed diets of differing methionine and cystine content. **Journal of Nutrition**, v. 112: p.1525–1535,1982.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E., HARDY, R.W. **Fish Nutrition**. 3rd ed., New York: Academic Press, p.143–179, 2002.

XIAO, W.W.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W.D.; LI, S.H.; ZHOU, X.Q. Effects of dietary methionine hydroxyl analogue supplement on growth, protein deposition and intestinal enzymes activities of juvenile jian carp (*Cyprinus carpio* var. jian). **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 408-417, 2011.

YAN, Q.; XIE, S.; ZHU, X.; LEI, W.; YANG, Y. Dietary methionine requirement for juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 163–169, 2007.

ZEISEL, S.H. Choline: an essential nutrient for humans. **Nutrition**, v.16, p.669-671, 2000.

ZHOU, Q.C. WU Z.H.; TAN B.T.; CHI S.Y.; YANG Q.H. Optimal dietary methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258 p. 551–557, 2006.

ZHOU, F.; XIAO, J.X.; HUA, Y.; NGANDZALI, O.B.; SHAO, Q.J. Dietary L-methionine requirement of juvenile black sea bream (*Sparus macrocephalus*) at a constant dietary cystine level. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 5, p. 469-481, 2011.

9. ANEXOS

ANEXO 1 – Instalações experimentais, (A) experimento de digestibilidade, (B) experimento de exigência nutricional.

A

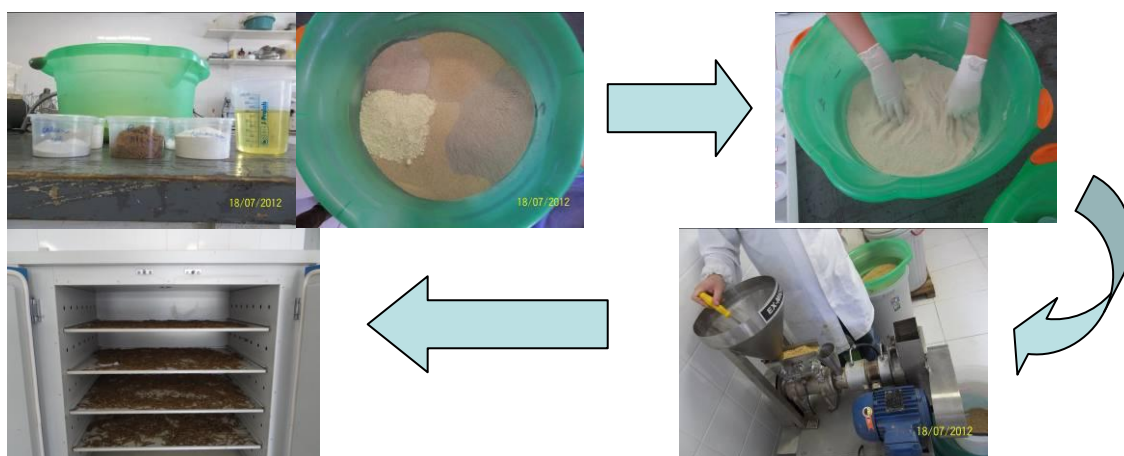


B



ANEXO 2 – Processo de confecção das rações experimentais (A) Experimento de digestibilidade, (B) Experimento de exigência nutricional

A



B



ANEXO 3 – Biometrias**ANEXO 4 – Coleta de sangue****ANEXO 5 – Análises de rendimento e coleta de amostras.**