

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

**METABOLISMO E EFICIÊNCIA ZOOTÉCNICA DE  
JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM  
CONCENTRADOS PROTEICOS VEGETAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Naglezi de Menezes Lovatto**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

**METABOLISMO E EFICIÊNCIA ZOOTÉCNICA DE  
JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM  
CONCENTRADOS PROTEICOS VEGETAIS**

**por**

**Naglezi de Menezes Lovatto**

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 a obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leila Picolli da Silva

Santa Maria, RS, Brasil  
2012

L896m Lovatto, Naglezi de Menezes

Metabolismo e eficiência zootécnica de jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com concentrados protéicos vegetais / por Naglezi de Menezes Lovatto. – 2012.

91 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Leila Picolli da Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2012

1. Nutrição de peixes 2. Concentrados protéicos 3. Metabolismo 4. Farelo de girassol 5. Farelo de crambe 6. Jundiás I. Silva, Leila Picolli da II. Título.

CDU 639.3.043

Ficha catalográfica elaborada por Simone G. Maisonave – CRB 10/1733  
Biblioteca Central da UFSM

**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

**METABOLISMO E EFICIÊNCIA ZOOTÉCNICA DE  
JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM  
CONCENTRADOS PROTEICOS VEGETAIS**

elaborada por  
**Naglezi de Menezes Lovatto**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Leila Picolli da Silva, Dr<sup>a</sup>.**  
(Presidente/Orientadora)

---

**João Radunz Neto, Dr. (UFSM)**

---

**Fabio Araújo Pedron, Dr. (UDESC)**

Santa Maria, 23 de Fevereiro de 2012

**Aos meus pais Gelci e Odacir,  
dedico este trabalho**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e saúde à mim concedidos.

Aos meus pais, Gelci e Odacir, pelo carinho, educação, apoio e amor incondicional, por terem me entendido e me suportado em momentos nos quais nem eu mesma o conseguia, pela compreensão de algo que eles não conheciam, e nem mesmo sabiam mensurar, quando eu “tentava” explicar os meus problemas.

À minha irmã Franciele, por ser mais que uma irmã, ser uma amiga, uma mãe. Por deitar comigo em minha cama...quando eu não conseguia dormir preocupada com a dissertação.

Ao Bruno, por ter aparecido em minha vida, em um momento tão complicado (em meio a técnicas que não davam certo e grandes incertezas), sendo meu amigo de muitas gargalhadas, meu estagiário trabalhador, e por fim ter se tornando meu grande amor, meu companheiro. Por ter tanta paciência comigo, em meio à minhas crises de choro, sempre tendo uma palavra de conforto e me dizendo: Calma, vai dar tudo certo...eu sempre te digo isso, e sempre dá certo, confia em mim! Obrigada por ter se tornado parte de minha vida, de ter tanta alegria dentro de ti, de nos entendermos tão bem...e por seguirmos nosso caminho lado à lado. À família do Bruno: Luiz, Célia, vó Angelina, Cristiane e Junior, obrigada.

Às minhas avós: Terezinha e Romilda, obrigada por entenderem o fato de eu ser uma neta tão distante, que muitas vezes não ia aos almoços de domingo.

Aos meus amigos, dos “tempos do colégio”: Gabriela, Fernanda, Patrícia, Grégory, Rafael e Bruna (da Gabí), por estarmos unidos até hoje, por tantos anos de amizade!!!

À Gabriela (minha irmã do coração), e toda sua família, por me acolherem como parte da família de vocês. Obrigada Jarbas, Ires, Bruna, Júlia e Laura (minha afilhada tão amada). Obrigada Gabí e André, por tamanha amizade, e por terem nos “dado” a Isabella, este anjo.

Ao Zico e à Nara, por serem como meus pais, por terem me acolhido e me apoiado por tantos anos, e por me incentivarem a crescer cada vez mais.

A Fernanda Goulart, por tantos anos de amizade, por estarmos grudadas desde o início da faculdade. Por termos passados por tantos momentos, bons e ruins, mas sabendo que podíamos contar uma com a outra, Obrigada, Fer...por tudo.

Peço desculpas a todos, pelos momentos que abdiquei de estar ao lado de vocês, os quais não foram poucos.

A todo pessoal do laboratório de piscicultura, pelo trabalho, amizade, gargalhadas e companheirismo: Alexandra, Bruninha, Marília, Suzi, Suzete, Viviani, Cátia, Giovani, Marco, Gobe (Glauber), Suzana, Tuco (Eduardo), Silvandro, Andressa, Isadora, Luciana, Sérgio, Daniel Maschio, Daniel Prois, Lucas, Fernanda Moura, Fernanda Macagnan e Maria.

Agradeço, em especial à Carol e à Ana Betine, por estarem sempre comigo, lado a lado, auxiliando no desenvolvimento do meu trabalho, pelo apoio e amizade!!

As minhas eternas amigas e colegas da faculdade: Juliana, Letieri, Michelle, Manuela, Flânia e Viviane!!

A professora Leila Picolli da Silva, por aceitar ser minha orientadora, pelo auxílio, pela amizade e por todo incentivo em meu crescimento profissional!!

Ao professor João Radünz Neto, pelo auxílio, preocupação, pelo apoio dado, e por se preocupar conosco como um pai.

Ao professor Sandro José Giacomini pela contribuição e parceria que permitiram o desenvolvimento desse trabalho.

À Empresa Giovelli, pela doação do farelo de girassol, à Fundação MS para Pesquisas de Tecnologias Agropecuárias, pela doação da Torta de crambe, a Doles® pela doação dos kits para análises plasmáticas e ao LAMIC/UFSM pelos aminogramas.

Ao CNPq, pelas bolsas de mestrado e iniciação científica concedidas.

Enfim, a todos que colaboram!!

Muito Obrigada!!

## RESUMO

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

### **METABOLISMO E EFICIÊNCIA ZOOTÉCNICA DE JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM CONCENTRADOS PROTEICOS VEGETAIS**

AUTOR: Naglezi de Menezes Lovatto

ORIENTADOR: Leila Picolli da Silva

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de Fevereiro de 2012.

Este trabalho foi conduzido a fim de avaliar o crescimento e metabolismo de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe como substitutos de fonte protéica de origem vegetal, em 25 e 50% da proteína. O trabalho foi dividido em duas fases distintas. A primeira consistia na obtenção e caracterização dos concentrados proteicos dos farelos de girassol e crambe utilizando-se metodologia de concentração através do pH isoeletrico (SMITH et al., 1946), com modificações. Obtiveram-se valores de 51,42 e 50,37% de proteína bruta e rendimento de 48,30 e 50,32%, respectivamente. Em relação ao perfil de aminoácidos, a concentração protéica no farelo de crambe elevou os teores de lisina e metionina em 50,29 e 122,00%, respectivamente. No concentrado proteico de girassol houve aumento de 41,5 e 186%. Na segunda fase foi conduzido o ensaio biológico durante 52 dias, em sistema de recirculação de água. Foram utilizados 300 jundiás com peso médio inicial de  $14,59 \pm 0,18$ g, esses animais foram alojados em 15 unidades experimentais de 280L de volume útil cada. A densidade de estocagem inicial foi de 1,04g de peixe/L de água. Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição parcial da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos em questão. Ao final do período experimental não houve diferença estatística para peso (P). A conversão alimentar aparente (CAA) foi maior nas dietas Controle e CPF-25% ( $P < 0,05$ ). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para taxa de crescimento específico (TCE), ganho de peso relativo (GPR), ganho de peso diário (GPD). Em relação ao fator de condição (FC), os maiores valores foram encontrados na dieta CPF-25%. Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) no teor de matéria seca, proteína e proteína bruta total depositada (PBTD) na carcaça dos animais submetidos às distintas dietas. Foi encontrado maior teor de lipídeos e gordura total depositada (GTD) na dieta CPF-50%. Para rendimento de carcaça (RC) e índices digestivos não houve diferença significativa entre as dietas experimentais. As atividades das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina não apresentaram diferenças estatísticas nas dietas testadas. Não houve diferença significativa para nenhum dos parâmetros sanguíneos analisados (glicose, proteínas totais circulantes, albumina, colesterol e triglicérides). Os animais da dieta CPF-25% apresentaram maior estoque de glicogênio hepático ( $p < 0,05$ ). Detectou-se aumento da atividade ( $p < 0,05$ ) da enzima transaminase glutamopirúvica (TGP) nos animais da dieta controle. Foi verificado aumento no teor de aminoácidos livres nos peixes que receberam a dieta CPF-25%. Pode-se concluir que a utilização dos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe, não afeta o crescimento e ganho de peso dos peixes bem como o metabolismo. O concentrado proteico de farelo de girassol mostrou-se mais eficiente metabolicamente do que o farelo de crambe. Os animais que receberam a dieta CPF-25% apresentaram a melhor eficiência de uso metabólico dos ingredientes.

Palavras chaves: *Rhamdia quelen*. Nutrição de Peixes. Concentrados proteicos. Metabolismo. Farelo de girassol. Farelo de crambe.



## ABSTRACT

Animal Science Master Dissertation  
Post-Graduate Program in Animal Science  
Federal University of Santa Maria

### **METABOLISM AND ZOOTECHNICAL EFFICIENCY OF JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) FED WITH PROTEIN CONCENTRATES PLANTS**

AUTHOR: Naglezi de Menezes Lovatto

ADVISER: Leila Picolli da Silva

Date and Defense Place: Santa Maria, February 23th, 2012.

This work was conducted to evaluate the growth and metabolism of jundiá fed protein concentrates of sunflower meal and crambe as a substitute source of vegetable protein, 25 and 50% of animal protein. The work was divided into two distinct phases. The first consisted in obtaining and characterization of protein concentrates of sunflower meal and crambe methodology using concentration by isoelectric pH (Smith et al, 1946), with modifications. We obtained values of 51.42 and 50.37% crude protein and yield of 48.30 and 50.32% respectively. Regarding the profile of amino acids, the protein concentration in crambe meal increased levels of lysine and methionine in 50.29 and 122.00%, respectively. In sunflower protein concentrate increased by 41.5 and 186%. In the second phase the biological assay was conducted for 52 days in water recirculation system. We used 300 jundiás with average initial weight of  $14.59 \pm 0.18$  g, these animals were housed in 15 experimental units of 280L net volume of each. The initial stocking density was 1.04 g fish / L water. We evaluated two levels (25 and 50%) partial replacement of protein coming from the flour meat and swine bone by protein concentrates in question. At the end of the period, there were no statistical differences for weight (W). The feed conversion ratio (FCR) was higher in the Control and CPFPG-25% diets ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference ( $P > 0.05$ ) for specific growth rate (SGR), relative weight gain (RWG) e average daily gain (ADG). In relation to condition factor (CF), the highest values were found in the diet CPFPG-25%. There was no statistical difference ( $P > 0.05$ ) in dry matter, protein and crude protein deposited (CPD) in carcasses of animals subjected to different diets. We found a higher lipid content and total fat deposited (TFD) in the diet CPFPG-50%. For carcass yield (CY) and digestive rates was not significant between the experimental diets. The activities of digestive enzymes trypsin and chymotrypsin showed no statistical differences in diets. There was no significant difference for any of the analyzed blood parameters (glucose, total circulating protein, albumin, cholesterol and triglycerides). The animals diet CPFPG-25% had higher liver glycogen stock ( $p < 0.05$ ). It was found increased activity ( $p < 0.05$ ) of the enzyme glutamic-pyruvic transaminases (GPT) in animals of the control diet. Was observed increase in the concentration of free amino acids in fish fed diet CPFPG-25%. It can be concluded that the use of protein concentrates of sunflower meal and crambe meal did not affect growth and weight gain of fish as well as metabolism. The protein concentrate of sunflower meal was more metabolically efficient than crambe meal. The animals fed diet CPFPG-25% had improved metabolic efficiency of use of the ingredients.

Keywords: *Rhamdia quelen*. Fish nutrition. Protein Concentrates. Metabolism. Sunflower meal. Crambe meal.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Artigo I

- Figura 1 – Concentração protéica dos farelos de crambe e girassol através de extrações alcalina, em pH isoelétrico e ácida.....29
- Figura 2 – Capacidade de hidratação e capacidade de ligação à gordura de concentrados proteicos de farelo crambe e girassol.....32
- Figura 3 – Propriedades espumantes dos concentrados proteicos de farelos de crambe e girassol.....33
- Figura 4 – Compostos fenólicos totais em farelos e concentrados proteicos de crambe e girassol.....34

### Artigo II

- Figura 1- Ganho de Peso (g) no período experimental de juvenís de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....58

### Artigo III

- Figura 1- Peso final (A) e ganho de peso diário (B) de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....71
- Figura 2– Conversão Alimentar Aparente (CAA) de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....71
- Figura 3– Parâmetros metabólicos em fígado de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta..... 74

## LISTA DE TABELAS

### Artigo I

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Composição de concentrados proteicos de farelo de crambe e girassol e rendimento da extração dos concentrados proteicos em relação a seus farelos, utilizando métodos de concentração protéica através do pH isoelétrico, pH ácido e pH alcalino..... | 30 |
| Tabela 2– Composição química de farelos e concentrados proteicos de crambe e girassol através do pH isoelétrico.....   | 30 |
| Tabela 3 – Aminoácidos ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) dos concentrados proteicos e dos farelos de crambe e girassol.....   | 31 |

### Artigo II

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1– Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.....   | 55 |
| Tabela 2 – Formulação das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelo de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....                                 | 56 |
| Tabela 3 – Composição bromatológica e de aminoácidos das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta..... | 57 |
| Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros de qualidade da água de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....                 | 58 |
| Tabela 5 – Parâmetros zootécnicos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....   | 59 |
| Tabela 6 – Composição centesimal do peixe inteiro e deposição de nutrientes de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....             | 59 |

Tabela 7 – Rendimento de carcaça e índices digestivos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....60

Tabela 8 – Atividade de enzimas digestivas de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....60

### **Artigo III**

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.....66

Tabela 2 – Formulação das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....67

Tabela 3 – Composição bromatológica e de aminoácidos calculados das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....68

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros de qualidade da água de criação de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....70

Tabela 5 – Parâmetros plasmáticos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.....72

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

BHT: Butil Hidróxi Tolueno

CAA: Conversão Alimentar Aparente

CFT: Compostos Fenólicos Totais

CH: Capacidade de Hidratação

CLG: Capacidade de Ligação à Gordura

CP: Comprimento Padrão

CPFCr: Concentrado Proteico de Farelo de Crambe

CPFG: Concentrado Proteico de Farelo de Girassol

CT: Comprimento Total

ED: Energia Digestível

EM: Energia Metabolizável

FADE: Farelo de Arroz Desengordurado

FC: Fator de Condição

FCOS: Farinha de Carne e Ossos Suína

FDN: Fibra em Detergente Neutro

GPD: Ganho em Peso Diário

GPR: Ganho em Peso Relativo

GTD: Gordura Total Depositada

HCl: Ácido clorídrico

IDS: Índice Digestivossomático

IHS: Índice Hepatossomático

NaOH: Hidróxido de sódio

P: Peso

PB: Proteína Bruta

PBTD: Proteína Bruta Total Depositada

PE: Propriedades Espumantes

pHi: pH isoelétrico

QI: Quociente Intestinal

RC: Rendimento de Carcaça

TCE: Taxa de Crescimento Específico

TGP: Transaminase Glutamo-Pirúvica

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1.INTRODUÇÃO GERAL .....  | 16 |
| 2.OBJETIVO GERAL .....  | 17 |
| 2.1.Objetivos específicos.....  | 17 |
| 3.ESTUDO BIBLIOGRÁFICO .....  | 17 |
| 3.1 Aspectos sobre o jundiá ( <i>Rhamdia quelen</i> , Heptapteridae).....   | 17 |
| 3.2. Proteína na alimentação de peixes.....   | 18 |
| 3.3 Fontes protéicas vegetais (farelos de crambe e girassol).....   | 19 |
| 3.3.1. Farelo de Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> ):.....  | 19 |
| 3.3.2. Farelo de Crambe ( <i>Crambe abyssinica</i> ):.....  | 21 |
| 3.4 Concentrados proteicos .....  | 22 |
| 4.ARTIGO I - CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELOS DE CRAMBE ( <i>Crambe abyssinica</i> )<br>E GIRASSOL ( <i>Helianthus annuus</i> ): OBTENÇÃO E PROPRIEDADES NUTRICIONAIS PARA<br>ANIMAIS NÃO RUMINANTES ..... | 24 |
| Resumo- .....   | 24 |
| Abstract- .....   | 25 |
| INTRODUÇÃO .....  | 26 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 27 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 28 |
| CONCLUSÃO .....   | 34 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 35 |
| 5. ARTIGO II - PARÂMETROS DIGESTIVOS DE JUNDIÁS ALIMENTADOS COM<br>CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELOS DE GIRASSOL E CRAMBE #.....  | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Resumo- .....   | 40 |
| Abstract .....  | 41 |
| 1. Introdução .....   | 42 |
| 2. Material e Métodos .....   | 44 |
| 3. Resultados e discussão .....   | 48 |
| 4. Conclusões .....   | 50 |
| 5. Referências Bibliográficas .....   | 51 |
| 6. ARTIGO III - ASPECTOS METABÓLICOS DE JUNDIÁS ( <i>Rhamdia quelen</i> ) ALIMENTADOS<br>COM CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELO DE GIRASSOL E CRAMBE..... | 61 |
| Resumo- .....   | 61 |
| Abstract- .....   | 62 |
| INTRODUÇÃO .....  | 63 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 64 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 72 |
| CONCLUSÃO .....   | 75 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 75 |
| 7. DISCUSSÃO GERAL .....  | 81 |
| 8. CONCLUSÕES.....  | 85 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 86 |



## 1.INTRODUÇÃO GERAL

Em face do aumento exponencial da demanda de alimentos pela população mundial, há grande necessidade de melhorar a eficiência produtiva de atividades pecuárias e agrícolas. Neste contexto, a piscicultura tem contribuído efetivamente na produção animal brasileira, pois é apontada como a atividade agropecuária com maior desenvolvimento nos últimos anos, atingindo índices três vezes maiores do que os demais animais terrestres cultivados (MPA, 2011). Neste cenário, Naylor et al. (2009) ressaltam que o aumento na produção de peixes onívoros é uma tendência, já que se adaptam mais facilmente à substituição de fontes protéicas de origem animal por aquelas de origem vegetal, as quais refletem em menor custo de produção, garantindo homogeneidade e fornecimento contínuo dos nutrientes à piscicultura.

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie nativa da região sul do Brasil, e informações no que diz respeito à sua nutrição ainda são escassas, em função disso, muitos dados disponíveis na literatura estão relacionados às exigências nutricionais do *Ictalurus punctatus*, o bagre norte-americano (BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004). Devido a seu hábito alimentar onívoro, o jundiá é uma das espécies que aceita dietas artificiais com fontes protéicas de origem vegetal, sendo o farelo de soja a mais utilizada (COLDEBELLA e RADÜNZ NETO, 2002, REFSTIE et al., 2010). Porém, estudos devem ser voltados para utilização de outras fontes protéicas vegetais, especialmente aquelas provindas da cadeia do biodiesel, que são co-produtos normalmente gerados em grande quantidade, mas subutilizados pelas escassas informações sobre sua composição e eficiência nutricional para as diversas espécies piscícolas (CABRAL et al., 2011). Alguns trabalhos agregam a este relato, a baixa palatabilidade (GATLIN et al., 2007), desbalanço no perfil de aminoácidos (SANTIGOSA et al., 2008) e fatores antinutricionais intrínsecos (GATLIN et al., 2007; MÉRIDA et al., 2010) destas fontes. Pesquisadores já têm dedicado avaliação do uso de várias proteínas vegetais como ingredientes alternativos e sustentáveis para a substituição das fontes protéicas de origem animal (GATLIN et al., 2007; TACON e METIAN, 2008; HARDY, 2010; CABRAL et al., 2011).

Nesse contexto, algumas propostas inovadoras estão surgindo no sentido de melhorar o valor nutricional e a digestibilidade destes co-produtos e resíduos, a partir da aplicação de técnicas direcionadas (químicas e físicas), as quais se refletem na melhora do desempenho animal e também, na minimização de impactos ambientais (YUE e ZHOU, 2008). Dentre estas técnicas destacam-se a concentração protéica de fontes vegetais, que tem como objetivo

principal à obtenção de concentrados proteicos minimizados ou livres de antinutrientes (MARIOD et al., 2010). Além da obtenção de fontes protéicas vegetais diferenciadas, essa ação abre amplo tema de pesquisa a ser desenvolvido, no qual se pode agregar valor nutricional, tecnológico e comercial a co-produtos e resíduos agroindustriais, a fim de contribuir significativamente na melhoria da nutrição piscícola, aliando demandas prementes de diferentes cadeias agroindustriais.

## **2.OBJETIVO GERAL**

O presente estudo foi conduzido com o objetivo geral de testar a eficiência da utilização de concentrados proteicos de farelos de girassol (*Helianthus annuus*) e crambe (*Crambe abyssinica*) na nutrição de jundiás (*Rhamdia quelen*), no que diz respeito ao seu metabolismo e eficiência zootécnica.

### **2.1.Objetivos específicos**

- Desenvolvimento e otimização de técnicas químicas de concentração de proteínas dos co-produtos estudados e sua melhor forma de utilização na alimentação dos jundiás;
- Caracterização química de co-produtos, visando determinar o seu potencial nutricional;
- Avaliação da aplicabilidade de concentrados proteicos no arraçoamento de jundiás, e acompanhamento de sua eficiência de uso metabólico e reflexos no desempenho zootécnico.

## **3.ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

### **3.1 Aspectos sobre o jundiá (*Rhamdia quelen*)**

O jundiá é um peixe de couro, encontrado do sudeste do México até o Centro da Argentina. Em uma ampla revisão taxonômica do gênero *Rhamdia*, Silfvergrip (1996), baseado em caracteres da morfologia interna, concluiu que o gênero *Rhamdia* é formado de apenas 11 espécies dentre 100 anteriormente descritas. Segundo o mesmo autor, *Rhamdia quelen* pertence à seguinte divisão taxonômica: Classe: *Osteichthyes*, Série: *Teleostei*, Ordem: *Siluriformes*, Família: *Pimelodidae*, Gênero: *Rhamdia*, Espécie: *Rhamdia quelen*.

Na natureza vive em lagos e poços fundos dos rios, em ambientes de águas mais calmas, junto à vegetação. É uma espécie onívora, com tendência a carnivoría (pela preferência alimentar por peixes, crustáceos e detritos orgânicos), além do hábito alimentar

noturno (MEURER e ZANIBONI FILHO, 1997; BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004). Esta espécie tem despertado grande interesse dos piscicultores da região Sul do Brasil, devido a seu rápido crescimento e resistência ao manejo, mesmo nos meses de inverno do Sul (FRACALOSSO et al., 2002, BARCELLOS et al., 2003), além da resistência ao estresse, reprodução viável em cativeiro (SALHI et al., 2004) e capacidade de digerir ração seca na primeira alimentação (FRACALOSSO et al., 2002).

As informações no que diz respeito à nutrição do jundiá ainda são escassas, e em função disso, muitos dos dados disponíveis na literatura estão relacionados às exigências nutricionais do bagre norte-americano (*Ictalurus punctatus*). A estimativa de requerimento proteico na nutrição do bagre norte-americano demonstra que os valores máximos para crescimento são estipulados entre 32 e 36% de PB. Em relação aos jundiás, os valores parecem estar entre 34 e 38% de PB, variando conforme a concentração energética da dieta (BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004). Meyer e Fracalossi (2004), submetendo jundiás à alimentação com dietas semi purificadas encontraram exigência protéica de 32,6 e 37,3% de proteína bruta (PB), para concentrações energéticas de 3.650 e 3.200 kcal Energia Metabolizável (EM)/kg da dieta, respectivamente. Salhi et al. (2004) verificaram que o melhor nível de proteína bruta foi de 37% com concentração energética de aproximadamente 3.400 kcal Energia Digestível (ED)/kg. Já Corrêia (2010) encontrou resultados satisfatórios utilizando 37% de proteína bruta (PB) com concentração energética de 3.200 kcal ED/kg.

No que diz respeito ao pescado, a composição química da carne do jundiá é considerada de alto valor nutricional para o consumo humano, com valores de proteína bruta e lipídeos em torno de 14 e 7%, respectivamente. Além disso, é considerada saborosa e de fácil aceitação, por não conter espinhos intramusculares (MELO et al., 2002; MELO, 2004).

### **3.2. Proteína na alimentação de peixes**

As proteínas são as macromoléculas mais abundantes e freqüentes nas células vivas do reino animal, sendo necessárias para um grande número de funções biológicas, nas distintas etapas da vida (LEHNINGER et al., 2004).

São compostas de 20 aminoácidos, sendo que destes, dez são essenciais na alimentação de peixes, quais sejam: arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, valina, fenilalanina, treonina, lisina e triptofano (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994), os quais são decisivos para a qualidade da proteína, mostrando seu valor como componente da dieta (PEZZATTO, 1999). As proteínas são a principal matéria orgânica no tecido dos peixes, constituindo cerca de 70% do organismo animal (HALVER e HARDY, 2002).

Peixes consomem proteínas a fim de obter aminoácidos, pois a proteína ingerida será digerida ou hidrolisada, liberando aminoácidos livres, os quais são absorvidos no trato intestinal e distribuídos pela corrente sanguínea para órgãos e tecidos. A ingestão regular de proteína/aminoácidos é necessária, pois os aminoácidos são usados continuamente pelo peixe, tanto para obtenção de novas proteínas, quanto para substituir proteínas já existentes (HALVER e HARDY, 2002)

Quando comparados a outras espécies de monogástricos, os peixes exigem maiores quantidades de proteína em sua alimentação. Esse fato ocorre porque os peixes são capazes de utilizar eficientemente proteína como fonte energética, uma vez que a excreção de subprodutos do metabolismo dos aminoácidos é feita passivamente através das brânquias, com reduzido gasto energético (PEZZATTO et al, 2004).

Porém, dietas insuficientes em proteínas e aminoácidos, ou com baixa qualidade dos mesmos, podem reduzir o crescimento, a eficiência alimentar, ou ainda, a imunodepressão, mobilizando a proteína de alguns tecidos para a manutenção de funções vitais. Por outro lado, a proteína em excesso será utilizada, parte para a formação de tecido muscular e crescimento e, o restante convertido em energia, o que é indesejável, pois este é o nutriente mais oneroso da dieta (MILLWARD, 1989).

Dentre os fatores que afetam as exigências em aminoácidos na dieta de peixes, há aqueles inerentes ao próprio animal (idade, condição sanitária, propósito produtivo, etc) e aqueles inerentes aos ingredientes (qualidade protéica, presença de fatores antinutricionais, etc) (HALVER e HARDY, 2002; NRC, 2011). Sendo assim, fica clara a importância da utilização correta e balanço de nutrientes na alimentação dos peixes (PEZZATO et al., 2004).

As estimativas de exigência de aminoácidos essenciais na nutrição de jundiás são, em porcentagem da dieta, de: 4,6% de arginina, 1,8% histidina, 4,6% isoleucina, 7,7% leucina, 4,5% lisina, 3,7% metionina, 5,4% fenilalanina, 4,3% treonina, 0,8% triptofano e 4,6% para a valina, utilizando-se de regressão segmentada, através do conceito de proteína ideal (MONTES-GIRAO e FRACALOSSO, 2006).

### **3.3 Fontes protéicas vegetais (farelos de crambe e girassol)**

#### **3.3.1. Farelo de Girassol (*Helianthus annuus*):**

Nos últimos anos, o girassol vem se apresentando como opção de rotação e sucessão de culturas nas regiões brasileiras produtoras de grãos. A melhor tolerância à seca do que o milho ou o sorgo, a baixa incidência de pragas e doenças, além dos benefícios que

proporciona às culturas subseqüentes são alguns dos fatores que vêm conquistando os produtores brasileiros. Em áreas onde se faz rotação de culturas com o girassol, observa-se um aumento de produtividade de 10% nas lavouras de soja e entre 15 e 20% nas de milho (EMBRAPA, 2011).

O ciclo da cultura dura cerca de 130 dias e a produtividade gira em torno de 40 mil plantas por hectare, que rendem até duas toneladas de sementes e 40 toneladas de massa verde. O girassol compete com plantas invasoras, sendo usado com sucesso na rotação de culturas (FERRARI, 2004). A semente é pouco afetada por fungos e carunchos, desde que se mantenha a umidade baixa (FERRARI, 2004).

O girassol apresenta alto teor de óleo, cuja qualidade é reconhecida mundialmente, como um produto nobre para nutrição humana, por possuir alto teor de ácidos graxos insaturados (MANDARINO, 1992), possui excelente valor nutricional com alto teor de vitamina E, ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os ácidos linoléico e oléico.

A torta obtida da semente descascada apresenta proteína elevada e alta energia. A composição do farelo e da torta de girassol varia com a composição da semente e o método de processamento (ANDRIGUETO, 1988).

O método utilizado comercialmente para a produção de farelo de girassol é a extração com solvente (hexano). Esse processo utiliza calor e, do mesmo modo que tem sido verificado com os farelos de soja e de canola, observa-se uma diminuição na disponibilidade de aminoácidos, particularmente da lisina (HANCOCK et al., 1990).

O conteúdo de energia e a concentração de proteína do farelo de girassol variam em função da quantidade de casca presente. A remoção da casca do girassol, antes do processo de separação e depois do processo de extração do óleo, têm produzido farelos de melhor qualidade nutricional e com elevado conteúdo de proteína. O desenvolvimento de cultivares com alto teor proteico (média de 33% de proteína bruta) e conteúdo médio de óleo (cerca de 40%) criam perspectivas para o desenvolvimento de híbridos de girassol, com alto teor proteico, para países com déficit proteico e alta produção de óleo (MANDARINO, 1992)

Para o farelo sem casca a quantia de Proteína Bruta é de 45,4%, e no farelo com casca é cerca de 30% (TAVERNARI, 2008). O farelo de girassol com casca apresenta baixos teores de lisina e metionina (1,01 e 0,59% da MS), quando comparados ao farelo de soja (TAVERNARI, 2008), os quais são essenciais aos peixes, porém limitantes nesta fonte protéica.

A inclusão do farelo de girassol na alimentação de peixes é limitada, devido à quantidade de fibra, advinda principalmente da casca e também devido a presença de antinutrientes, como o ácido clorogênico, o qual inibe as enzimas proteolíticas.

### 3.3.2. Farelo de Crambe (*Crambe abyssinica*):

O crambe (*Crambe abyssinica*) é uma oleaginosa pertencente à família das crucíferas. É originária da região de transição entre temperada e quente. É uma cultura pouco conhecida no Brasil, mas tradicionalmente produzido nos Estados Unidos e Europa. No Brasil o crambe é plantado na “safrinha”, e se destaca por sua boa adaptação, rusticidade e precocidade (FUNDAÇÃO MS, 2010).

Existem diversas variedades de crambe registradas que datam da década de 70 e 80, nos Estados Unidos. A primeira variedade brasileira, a FMS Brilhante, vem da seleção de materiais introduzidos no México no início da década de 90 e foi realizada a fim de adquirir material produtivo e adaptado às condições brasileiras (FUNDAÇÃO MS, 2010).

O principal produto do crambe é o óleo, presente entre 26 a 40% no grão inteiro. No Brasil a variedade FMS Brilhante contém acima de 36%. O óleo do crambe não é utilizado para o consumo humano, devido a elevados teores de ácido erúico, esse é um ácido graxo monoinsaturado de cadeia longa, o qual confere ao óleo de crambe importantes aplicações na indústria oleoquímica (FUNDAÇÃO MS, 2010).

Após a extração mecânica do óleo, o co-produto obtido é a torta, com resíduo lipídico em torno de 20%. No processamento com solvente, a extração é mais eficiente e o resíduo de óleo é de cerca de 2% e o produto remanescente é o farelo.

O farelo de crambe contém cerca de 30% de proteína bruta, apresentando boas características para ser utilizado como fonte proteína na alimentação animal, já que segundo Liu et al. (1994) este contém perfil de aminoácidos semelhante ao da caseína. Ledoux et al. (1999) encontraram para o farelo de crambe, os seguintes valores de aminoácidos: 21,5 g/kg PB de Arginina, 15,8 g/kg PB de lisina e 16,5 g/kg PB de Metionina+cistina.

Falasca et al. (2010) ressaltam que o crambe é uma cultura nova, e que atualmente a maioria dos dados existentes são em relação ao rendimento da planta para a produção de biodiesel. Sabe-se ainda que o aquecimento úmido da semente do crambe inteira, antes de seu processamento, inativa inúmeros compostos tóxicos e inibidores enzimáticos, porém os glucosinolatos permanecem intactos após extração do óleo (FALASCA et al., 2010).

Contudo, os teores elevados de glucosinolatos geram subprodutos tóxicos durante a digestão dos monogástricos, e por isso não há, ainda, recomendação para a utilização do

farelo de crambe para esse grupo de animais, já que não existem trabalhos conclusivos sobre este assunto (LIU et al. 1994; FUNDAÇÃO MS, 2010).

### **3.4 Concentrados proteicos**

As proteínas utilizadas no processamento de alimentos têm diversas origens, sendo agrupadas em proteínas animais (gelatina, por exemplo), vegetais (proteína de soja, por exemplo) e derivadas da proteína animal (proteínas do leite, por exemplo) (PENNY, 1999).

Muitas das proteínas vegetais requerem processamento a fim de fornecer uma fonte alimentar aceitável, com propriedades funcionais que atribuam valor à proteína (OGUNWOLU et al., 2009). Nos últimos anos, muitas plantas têm atraído interesse a fim de serem utilizadas como fonte protéica de baixo custo, para complementar a alimentação humana e animal (OGUNWOLU et al., 2009).

A concentração ou isolamento de fontes protéicas são geralmente motivados por fins nutricionais, funcionais, organolépticos e econômicos. Na nutrição de peixes, os principais motivos são:

- A melhoria do valor nutricional do ingrediente seja por extração ou inativação de substâncias tóxicas e dos fatores antinutricionais, os quais estão fortemente associados às proteínas;
- No caso de proteínas vegetais, que estão fortemente ligadas a compostos indigestíveis pelos peixes onívoros, têm-se como objetivo separar as proteínas destes compostos (celulose, lignina, polifenóis, entre outros);
- Valorização de co-produtos agroindustriais, com o propósito de recuperar proteínas nobres e diminuir os riscos de poluição ambiental (LINDEN e LORIENT, 1996).

Normalmente as técnicas de produção de concentrados proteicos podem levar à produtos com perfil de aminoácidos diferente daquele encontrado na matéria prima, porém, podem igualmente eliminar ou diminuir a concentração de antinutrientes e inibidores enzimáticos (LINDEN e LORIENT, 1996).

O fato das proteínas serem estruturas muito complexas e heterogêneas, além de associadas a outros compostos, faz com que o rendimento de extração seja limitado. Devido a esta heterogeneidade, várias técnicas podem ser utilizadas para extração e concentração de proteínas. Já que em uma mesma matéria prima podem existir formas protéicas solúveis facilmente carregadas pela água (como albuminas e globulinas), formas insolúveis estruturadas (proteínas miofibrilares), formas fortemente ligadas à polissacarídeos (hemicelulose), entre

outras (LINDEN e LORIENT, 1996). Os métodos de extração se distinguem em métodos de enriquecimento ou de isolamento proteico.

Os métodos de enriquecimento passam por quatro etapas distintas: a dispersão (por trituração, agitação ou moagem, normalmente em meio aquoso); o tratamento térmico ou em meio básico, para solubilização das proteínas; a extração propriamente dita, através de meio ácido ou pH isoelétrico e também eliminação da fase líquida; e a secagem do concentrado para retirada da umidade da amostra (LINDEN e LORIENT, 1996).

As técnicas para concentração das proteínas variam conforme os grupos proteicos dos ingredientes em questão, que são classificados de acordo com o perfil de aminoácidos que, por sua vez, dependendo das propriedades de seus radicais, podem ser classificados em aminoácidos não-polares (alanina, valina leucina, isoleucina e prolina), aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), aminoácidos polares (serina, treonina, cisteína, metionina, asparagina e glutamina), aminoácidos ácidos (aspartato e glutamato) e aminoácidos básicos (lisina, arginina e histidina) (LEHNINGER et al., 2004).

Em suma, os estudos sobre concentrados proteicos pouco exploram sua aplicação na nutrição animal, mas sim sua aplicação tecnológica (solubilidade, capacidade de absorção de água, capacidade de formação de espuma, emulsificação, viscosidade entre outros) para fins de aplicação na indústria alimentícia humana (GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE, 2000).

A concentração protéica de fontes vegetais alternativas faz com que produtos com pouca ou nenhuma utilização na indústria alimentícia animal tornem-se ótimas fontes protéicas, com menor teor de fibra e antinutrientes, possibilitando melhor aproveitamento como alimento funcional além de incorporar valor agregado a produtos alimentares de baixo custo (MARIOD et al., 2010).



### **3.ARTIGO I**

## **CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELOS DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*) E GIRASSOL (*Helianthus annuus*): OBTENÇÃO E PROPRIEDADES NUTRICIONAIS PARA ANIMAIS NÃO RUMINANTES**

**Resumo-** O presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de concentração protéica de dois co-produtos industriais, com potencial de uso na alimentação de animais não ruminantes, através da caracterização química de farelos de crambe e girassol e seus concentrados proteicos. Foram testadas três diferentes metodologias de concentração protéica, em farelos de crambe e girassol: Concentração através do pH isoelétrico, pH ácido e pH alcalino. Tanto para o farelo de crambe quanto para o farelo de girassol, a extração pelo pH isoelétrico (pHi) mostrou-se a mais eficiente em relação ao rendimento e ao teor de proteína bruta dos concentrados proteicos, além de elevados teores de lisina e metionina em ambos concentrados proteicos. A capacidade de hidratação no concentrado proteico de farelo de girassol (171,79%) foi maior em relação ao concentrado proteico de crambe (140,37%). O concentrado proteico de crambe apresentou formação de espuma de 15%, mantendo a estabilidade da espuma de 6% após 90 minutos. A concentração proteica é eficiente para diminuir o teor dos compostos fenólicos totais em cerca de 50% em relação à seus farelos. A concentração proteica através do pHi é a mais eficiente, para estes produtos. A aplicação desta técnica causa redução dos compostos fenólicos totais, melhorando a qualidade dos farelos.

Palavras-chave: Concentrados proteicos. Farelo de crambe. Farelo de girassol. Antinutrientes.

**PROTEIN CONCENTRATES OF CRAMBE MEAL (*Crambe abyssinica*) AND SUNFLOWER MEAL (*Helianthus annuus*): OBTAINING AND NUTRITIONAL PROPERTIES FOR NON-RUMINANTS**

**Abstract-** This study aimed at the development and improvement of techniques of protein concentration in two industrial by-products with potential use in feed of non-ruminants animals, by chemical characterization of crambe meal and sunflower meal and their protein concentrates. Were tested three different methods of protein concentration in their meals: Concentration through the isoelectric pH, pH acid and alkaline pH. So much for the crambe meal and sunflower meal the extraction by isoelectric pH (pHi) was the most efficient with regard to yield and crude protein content of protein concentrates, besides presenting high levels of lysine and methionine in both protein concentrates. The ability of hydration on protein concentrate sunflower meal (171.79%) was greater than in the protein concentrate crambe meal (140.37%). The protein concentrate foaming crambe meal showed 15%, maintaining the stability of the foam 6% after 90 minutes. Protein concentration is effective to reduce the level of total phenolic compounds in about 50% compared to their meals. The protein concentration through the pHi is the most efficient. This technique also causes reduction of total phenolic compounds, anti-nutrients that are limiting the use of multiple co-vegetable products as ingredients in animal nutrition.

Keywords: Protein concentrates. Crambe meal. Sunflower meal. Antinutrients.

## INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da demanda de ingredientes para arração animal, juntamente com a necessidade da melhora da eficiência produtiva das atividades agrícolas, demonstra a necessidade de soluções práticas, eficientes e viáveis a fim de otimizar o uso de co-produtos e resíduos atualmente marginalizados pelas indústrias de rações. Seja pelo escasso conhecimento de seu valor nutricional ou pela presença de fatores antinutricionais intrínsecos (NAYLOR et al., 2009).

Considerando que a produção mundial de alimentos industrializados gera grande volume de co-produtos como tortas e farelos, além dos co-produtos gerados através da cadeia do biodiesel, exigem-se estudos sobre a aplicabilidade destes, afim de não se tornarem entraves para a sustentabilidade das cadeias produtivas (SILVA et al., 2010).

O girassol (*Helianthus annuus*) e o crambe (*Crambe abyssinica*) são oleaginosas que terão suas áreas de cultivo aumentadas nos próximos anos (EMBRAPA, 2011), devido ao incentivo à produção do biodiesel brasileiro. Da extração do óleo, resultam seus farelos, que podem ser usados como fontes protéicas na nutrição animal, embora com indicação restrita, seja pela presença de fatores antinutricionais, como ácido clorogênico e outros compostos fenólicos (SANTIGOSA et al., 2008; DONGMESA et al., 2009; REFSTIE et al., 2010; NRC, 2011) ou, no caso do farelo de crambe, pelo escasso conhecimento de sua composição química e valor nutricional (LEDOUX et al., 1999).

As técnicas usuais para produção de concentrados proteicos podem acarretar em produtos com perfil aminoacídico diferente das matérias-primas, contudo promovem a eliminação ou diminuição de antinutrientes e inibidores enzimáticos (LINDEN e LORIENT, 1996). Porém, a concentração protéica de fontes vegetais alternativas faz com que produtos com pouca ou nenhuma utilização na indústria alimentícia animal tornem-se ótimas fontes protéicas, com menor teor de fibra e antinutrientes, possibilitando melhor aproveitamento como alimento funcional além de incorporar valor agregado a produtos alimentares de baixo custo (MARIOD et al., 2010) e recuperar proteínas nobres que seriam descartadas (ARAÚJO, 2008).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de concentração protéica de dois co-produtos industriais, com potencial de uso na alimentação de animais não ruminantes, através da caracterização química de farelos de crambe e girassol e seus concentrados proteicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Matérias primas:** O farelo de girassol peletizado com casca, cedido pela empresa Giovelli, foi moído em micromoinho (MA-630, Marconi) e peneirado em peneira com abertura de 600  $\mu\text{m}$  para retirada do excesso de fibras. A torta de crambe da variedade FMS Brilhante, cedida pela Fundação MS para Pesquisas de Tecnologias Agropecuárias, foi desengordurada com hexano (na proporção 2:1 v/p). Os farelos obtidos a partir destas operações foram utilizados na obtenção dos concentrados proteicos de girassol e crambe.

**Concentração Protéica:** Foram testadas três diferentes metodologias de concentração protéica.

Extração da proteína através do **pH isoeletrico**, de acordo com método descrito por Smith et al. (1946) com as seguintes modificações: 1) A proteína foi dispersa em meio aquoso através da trituração em liquidificador (Cadence<sup>®</sup> LIQ789), na velocidade máxima, sendo a amostra triturada 3 vezes, na proporção de 1 parte do produto para 10 partes de água durante 3 minutos. 2) A amostra triturada foi peneirada em peneira com abertura de 140  $\mu\text{m}$ , sendo descartada a parte sólida (fração retida na peneira) e a parte líquida (retida no coletor) utilizada para a extração da proteína. 3) A solubilização das proteínas em pH isoeletrico deu-se pelo aumento do pH da solução para 9,0 com solução de NaOH 1 N, posteriormente, o pH foi reduzido com solução de HCl 1 N para 4,5 para precipitação das proteínas.

Extração da proteína em **meio ácido**, conforme metodologia descrita por Modesti et al. (2007), com as mesmas modificações descritas anteriormente, utilizando-se HCl 1 N até atingir pH 4,5.

Extração da proteína em **meio alcalino**, segundo metodologia proposta por Modesti et al. (2007), com as mesmas modificações descritas anteriormente, utilizando-se NaOH 1 N até atingir pH 9,0.

**Análise do teor proteico:** As metodologias testadas para concentração protéica foram analisadas quanto ao seu rendimento (percentual de concentrado proteico após secagem em relação à quantidade de amostra utilizada para extração), através da quantificação dos teores de proteína bruta através da metodologia de Micro-Kjeldahl n° 920.87 da AOAC (2000), utilizando 6,25 como fator de conversão.

**Composição química:** Para a metodologia com maior rendimento foram analisados nos farelos e concentrados proteicos, os teores de umidade, matéria mineral, através de metodologias do Instituto Adolfo Lutz (1985), proteína bruta (AOAC, 2000) e lipídios

(BLIGH-DYER, 1959), além do perfil de aminoácidos, através de cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) (BERNAL et al., 2008).

**Propriedades físicas:** Nos concentrados proteicos foram analisados a capacidade de hidratação (CH) e capacidade de ligação à gordura (CLG) segundo metodologia de Okezie e Bello (1988), propriedades espumantes (PE) seguindo metodologia descrita por Coffmann e Garcia (1977) e compostos fenólicos totais (CFT) seguindo metodologia de Waterhouse (2001), utilizando micro-método com Folin-Ciocalteu.

**Delineamento experimental e análise estatística:** O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As técnicas para concentração das proteínas variam conforme o comportamento químico dos grupos proteicos dos ingredientes, classificados de acordo com as propriedades dos radicais que compõem a estrutura aminoacídica primária. Pode-se observar que tanto para o farelo de crambe quanto para o farelo de girassol, a extração pelo pH isoeletrico (pHi) mostrou-se a mais eficiente em relação ao rendimento e ao teor de proteína bruta dos concentrados proteicos (Tabela 1), porque a os aminoácidos dos farelos vegetais em questão possuem pH isoeletrico entre 5,0 – 7,0 (LEHNINGER et al., 2004), fazendo com que esta fosse a técnica escolhida para concentração protéica destes farelos.

A extração em pH isoeletrico proporcionou aumento de 69,20% e 56,80% no teor de proteína bruta dos concentrados proteicos de crambe e girassol, em relação aos seus respectivos farelos. O teor de lipídios também foi aumentado pelo processo químico utilizado devido à interação da proteína com lipídeos, formando lipoproteínas de caráter hidrofóbico (ARAÚJO, 2008) que são recuperadas no processo de precipitação, juntamente com as demais moléculas protéicas.

O perfil aminoacídico dos ingredientes vegetais pode variar de acordo com cultivares, tratos culturais e processamento industrial (ANDRIGUETTO, 1988; MANDARINO, 1992; LEDOUX et al., 1998, TAVERNARI, 2008). Mas independente das variações, normalmente estas fontes apresentam-se deficientes em lisina e metionina, que são aminoácidos de suma importância para o crescimento e manutenção da boa saúde dos animais.

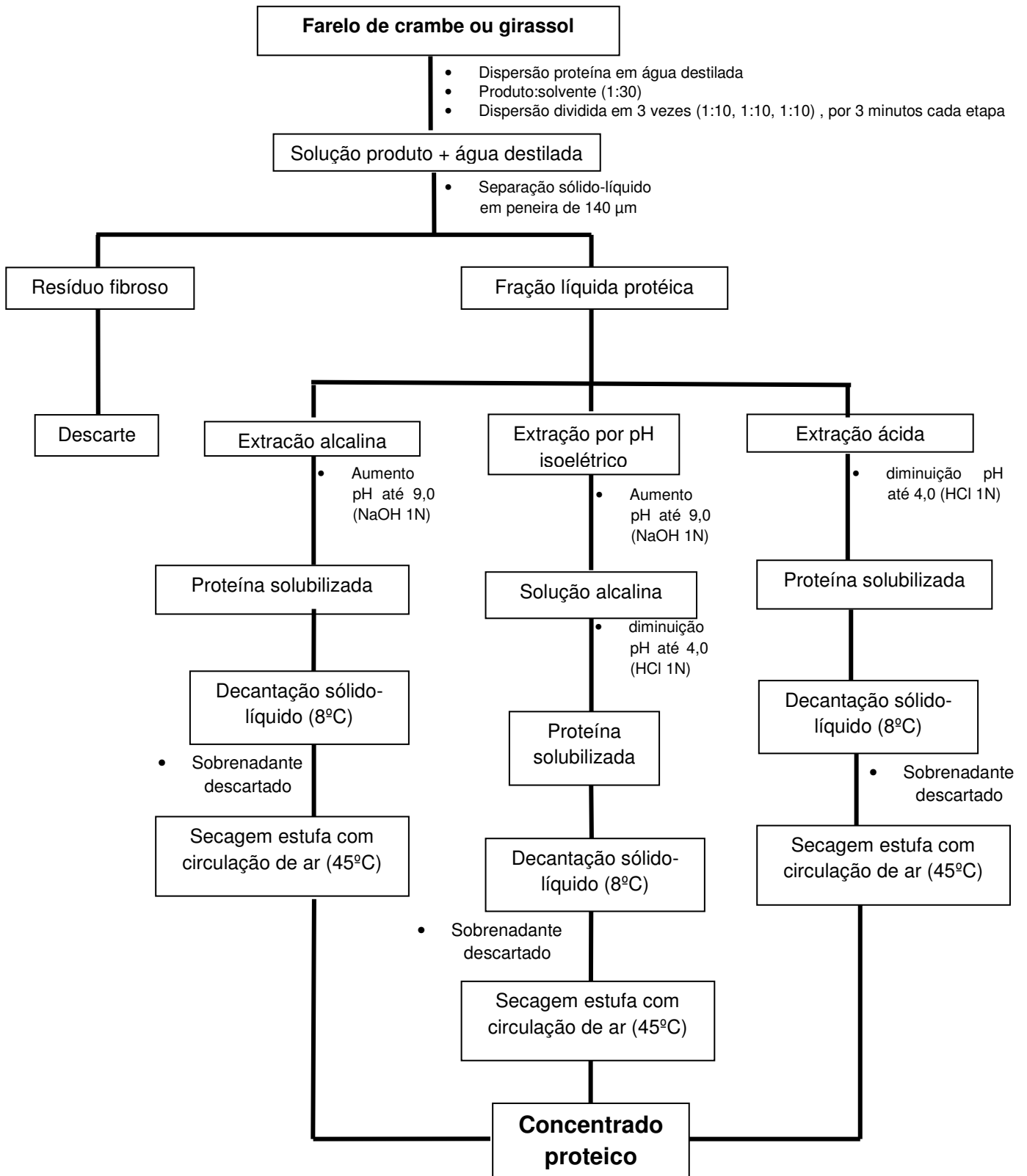


Figura 1- Concentração protéica dos farelos de crambe e girassol através de extrações alcalina, em pH isoeletrico e ácida.

Tabela 1- Composição de concentrados proteicos de farelo de crambe e girassol e rendimento da extração dos concentrados proteicos em relação a seus farelos, utilizando métodos de concentração protéica através do pH isoelétrico, pH ácido e pH alcalino.

| <b>CONCENTRADO PROTEICO DE CRAMBE</b>   |                                |                          |                             |
|---|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Parâmetro</b>                        | <b>Método de extração</b>      |                          |                             |
|   | <b>Extração pH<sub>i</sub></b> | <b>Extração pH ácido</b> | <b>Extração pH alcalino</b> |
| Proteína Bruta (%)                      | 50,37 <sup>a</sup>             | 29,16 <sup>b</sup>       | 27,46 <sup>b</sup>          |
| Lipídeos (%)                            | 12,30 <sup>a</sup>             | 7,05 <sup>b</sup>        | 8,80 <sup>b</sup>           |
| Rendimento (%)                          | 50,32 <sup>a</sup>             | 44,50 <sup>b</sup>       | 48,22 <sup>b</sup>          |
| <b>CONCENTRADO PROTEICO DE GIRASSOL</b> |                                |                          |                             |
| <b>Parâmetro</b>                        | <b>Método de extração</b>      |                          |                             |
|   | <b>Extração pH<sub>i</sub></b> | <b>Extração pH ácido</b> | <b>Extração pH alcalino</b> |
| Proteína Bruta (%)                      | 51,40 <sup>a</sup>             | 47,48 <sup>b</sup>       | 47,36 <sup>b</sup>          |
| Lipídeos (%)                            | 6,28 <sup>a</sup>              | 3,44 <sup>b</sup>        | 1,90 <sup>b</sup>           |
| Rendimento (%)                          | 48,30 <sup>a</sup>             | 45,20 <sup>b</sup>       | 37,83 <sup>c</sup>          |

Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 2- Composição química de farelos e concentrados proteicos de crambe e girassol através do pH isoelétrico.

| <b>Parâmetro</b> | <b>Farelo de crambe</b>                                | <b>Farelo de girassol</b> | <b>Concentrado proteico crambe</b> | <b>Concentrado proteico girassol</b> |
|------------------|--|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|                  | <b>g 100g<sup>-1</sup> de matéria <i>in natura</i></b> |                           |                                    |                                      |
| Matéria Seca     | 96,40  | 88,06                     | 96,47                              | 94,18                                |
| Umidade          | 3,6  | 11,94                     | 3,53                               | 5,82                                 |
| Cinzas           | 9,34   | 9,57                      | 6,13                               | 6,94                                 |
| Proteínas        | 29,02  | 33,60                     | 50,42                              | 51,37                                |
| Lipídeos         | 2,40   | 1,43                      | 12,30                              | 6,28                                 |

No presente trabalho foi observado que a concentração protéica por pH<sub>i</sub> elevou os teores de lisina e metionina em 1,5 e 2,22 vezes para crambe e 1,42 e 2,87 vezes para girassol, respectivamente (Tabela 3). A elevação nos teores destes dois aminoácidos,

considerados os mais limitantes para animais não ruminantes (TUSCHE et al, 2011) em fontes protéicas, demonstra que a técnica utilizada é eficiente não só na concentração quantitativa, mas também para melhorar a qualidade protéica das fontes utilizadas neste estudo.

Tabela 3- Aminoácidos (g 100g<sup>-1</sup>) de concentrados proteicos e dos farelos de crambe e girassol.

| Aminoácidos                     | Concentrado     | Farelo de | Concentrado       | Farelo de |
|---------------------------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------|
|                                 | proteico crambe | Crambe    | proteico girassol | girassol  |
| g100g <sup>-1</sup> de proteína |                 |           |                   |           |
| Lisina                          | 2,57            | 1,71      | 1,74              | 1,23      |
| Metionina+cistina               | 2,02            | 0,91      | 1,89              | 0,66      |
| Treonina                        | 2,47            | 1,20      | 1,64              | 1,15      |
| Valina                          | 2,90            | 1,86      | 2,61              | 1,64      |
| Leucina                         | 3,45            | 2,05      | 3,00              | 2,24      |
| Fenilalanina                    | 2,24            | 1,91      | 1,93              | 1,41      |
| Histidina                       | 1,42            | 0,41      | 1,03              | 0,81      |
| Arginina                        | 2,89            | 2,35      | 3,28              | 2,45      |

A funcionalidade das proteínas é definida pelas propriedades física e química que afetam seu comportamento no alimento durante o processamento, o armazenamento e a preparação (ARAÚJO, 2008). Dentre essas propriedades podemos citar a emulsificação, a hidratação, a formação de espuma e a solubilidade.

De acordo com Glencross et al. (2007) a funcionalidade dos ingredientes é um dos principais parâmetros na avaliação do ingrediente. Além dos aspectos nutricionais desejáveis, alimentos para não ruminantes que contenham proteínas vegetais, devem atender as características físicas da formulação de rações, tais como dureza, durabilidade e armazenamento dos *pellets*.

Esses parâmetros são amplamente influenciados pela seleção da matéria prima e, portanto, pela introdução de fontes alternativas de proteína (DRAGANOVIC et al., 2011)

Na figura 2 estão expressas a capacidade de retenção de água e a capacidade de ligação a gordura. Provavelmente o maior teor de aminoácidos polares no concentrado proteico de girassol fez com que a capacidade de hidratação (CH) neste produto (171,79%) fosse maior em relação ao concentrado proteico de crambe (140,37%).



A capacidade de hidratação de uma proteína está relacionada, em parte, com a sua composição de aminoácidos. Como os resíduos de aminoácidos não polares estão no interior da proteína e não são hidratados, a capacidade de hidratação das proteínas é o resultado predominante da ligação da água a resíduos de aminoácidos na superfície da proteína (DAMODARAN e PARAF, 1997; ARAÚJO, 2008).

Considerando a explicação acima, se esperava que a capacidade de ligação à gordura (CLG) apresentasse comportamento inverso a CH, o que foi confirmado pelos resultados expostos na figura 2. Dench et al. (1981) relataram que a absorção de gordura varia em função do número de grupos hidrofóbicos expostos da proteína. Sugere-se também que, provavelmente, as cadeias laterais não polares das proteínas tenham afinidade com as cadeias hidrofóbicas da molécula de gordura e contribuam para a absorção de gordura (DONADEL & PRUDENCIO-FERREIRA,1999).

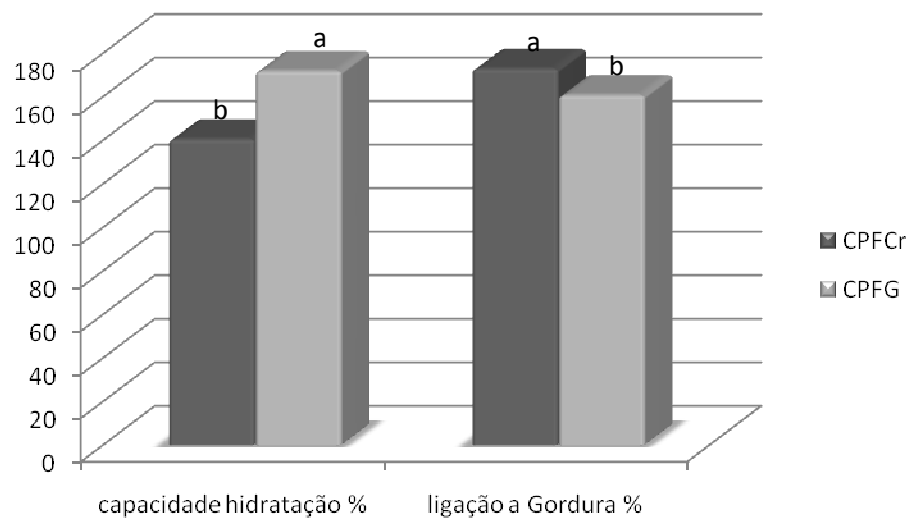


Figura 2 - Capacidade de hidratação e capacidade de ligação á gordura de concentrados proteicos de farelo de crambe(CPF Cr) e girassol (CPF G). Letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre as médias.

Maiores propriedades emulsificantes e espumantes juntamente com aumento de gordura e capacidade de ligação à mesma torna a formação do *pellet* da ração mais difícil (GONZÁLES-PÉREZ e VEREIJIKEN, 2007), resultando em menor pressão e granulação, com conseqüente menor compactação do *pellet* (THOMÁS et al., 1998).

Os processos de concentração protéica normalmente ocasionam desnaturação de parte das proteínas, diminuindo a solubilidade da mesma. A menor solubilidade protéica diminui a capacidade de coesão e adesão dos *pellets* de ração, diminuindo sua durabilidade (THOMÁS et al., 1998; DRAGANOVIC et al., 2011).

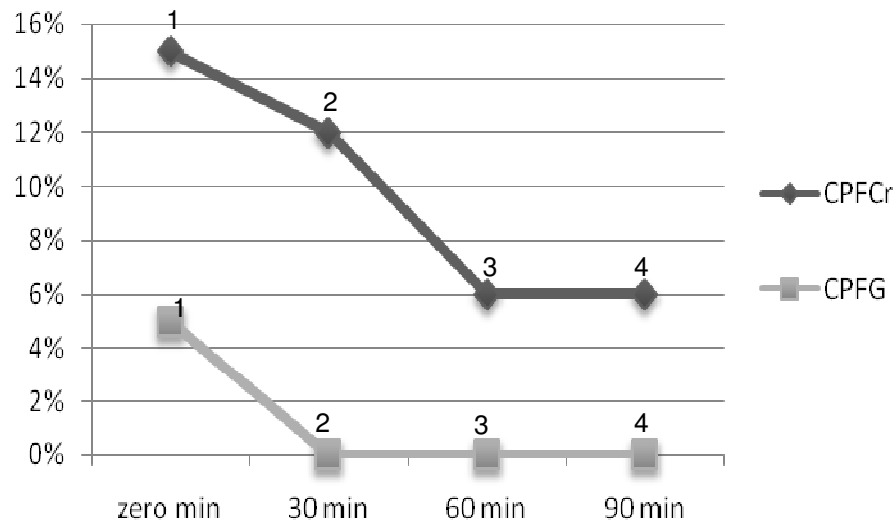


Figura 3 - Propriedades espumantes dos concentrados proteicos de farelo de crambe (CPFCr) e girassol (CPFG). 1- Capacidade de formação de espuma, volume inicial (%) e 2, 3 e 4 - Estabilidade da espuma (% redução do volume).

A figura 3 mostra a capacidade de formação de espuma e a estabilidade da espuma (em % de aumento do volume). O concentrado proteico de crambe apresentou formação de espuma de 15%, mantendo a estabilidade da espuma de 6% após 90 minutos. A espuma é uma dispersão coloidal em que o gás se encontra disperso em uma fase líquida ou sólida, criada quando as moléculas de ar são capturadas e aprisionadas pelas proteínas ali presentes (FENNEMA, 2000).

O concentrado proteico de girassol mostrou capacidade de formação de espuma de 5%, porém não apresentou estabilidade de espuma após sua formação. Normalmente as globulinas facilitam a formação de espuma e as albuminas a fixação e estabilidade da mesma (BELITZ et al, 2009), porém a globulina mais presente no farelo de girassol é a do tipo 12S, essa proteína se diferencia das outras globulinas por seu elevado pH isoelétrico, diferença na

hidrofobicidade, comportamento de dissociação entre outras características (LINDEN e LORIENT, 1996), além disso, está presente em apenas 17% da proteína do girassol (MANDARINO, 1992), o que influencia decisivamente nas propriedades espumantes desse produto.

A capacidade de emulsificação e formação de espuma são importantes para a formulação de rações extrusadas, devido a capacidade de incorporar ar e expandir as moléculas protéicas a fim de formar o extrusado.

A concentração protéica foi eficiente para diminuir o teor dos compostos fenólicos totais em cerca de 50% em relação à seus farelos (Figura 4) .

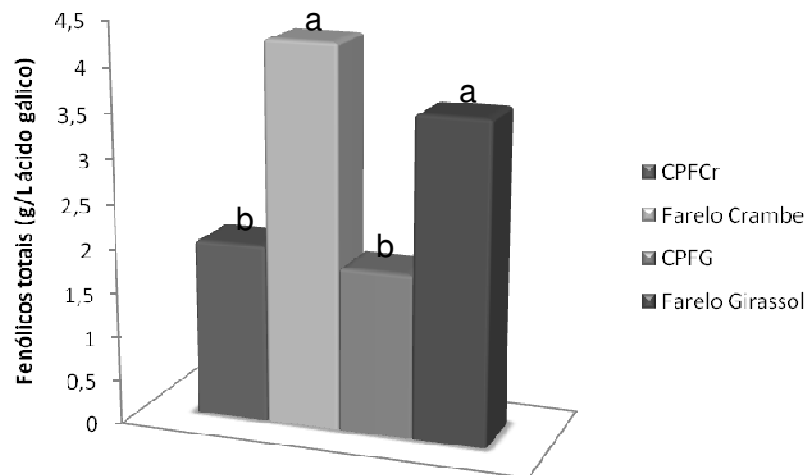


Figura 4 - Compostos fenólicos totais em farelos e concentrados proteicos de crambe (CPFCr) e girassol (CPFG). Letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre as médias.

## CONCLUSÃO

A concentração protéica em pH isoeletrico é mais eficiente do que em pH ácido ou básico, proporcionando a obtenção de novos produtos com elevado teor proteico e perfil aminoacídico melhorado em relação a matéria prima inicial.

A técnica reduz os compostos fenólicos totais, que são antinutrientes limitantes ao uso de vários co-produtos vegetais como ingredientes na nutrição animal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J.M., **Nutrição Animal**, 4 ed., São Paulo, Nobel, 1988, 395p.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, 1137p., 2000.
- ARAÚJO, J.M.A., **Química de Alimentos – Teoria e Prática**. 4 ed. Viçosa: editora, UFV, 2008.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4<sup>th</sup> revised and extended Edition. Springer-Verlag, 2009, 1070p.
- BERNAL, J.L. et al. Use of supercritical fluid extraction and gas chromatography–mass spectrometry to obtain amino acid profiles from several genetically modified varieties of maize and soybean. **Journal of Chromatography A**, 1192, 266-272, 2008.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917,1959.
- COFFMANN, C. N. ; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolated from mung bean flour. **J. Food Techno.**, v. 12, p.473, 1977.
- DAMODARAN, S.; PARAF, A. Food proteins and their applications in **Food proteins: An overview**, New York: Marcel Dekker p.1–21, 1997.
- DENCH, J.E.; RIVAS, R.N.; CAYGIL, J. C. Selected functional properties of sesame (*Sesame indicum* L) flour and two protein isolates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 32, p. 557, 1981.
- DONADEL, M.E.; PRUDENCIO-FERREIRA S.H. Propriedades funcionais de concentrado proteico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** (Impresso), Campinas - SP, v. 19, n. 3, p. 380-386, 1999.
- DONGMEZA, E. et al. Investigations on the nutrient and antinutrient content of typical plants used as fish feed in small scale aquaculture in the mountainous regions of Northern Vietnam, **Animal Feed Science and Technology**, v.149, p.162–178, 2009.

DRAGANOVIC, V. et al. Assessment of the effects of fish meal, wheat gluten, soy protein concentrate and feed moisture on extruder system parameters and the technical quality of fish feed, **Animal Feed Science and Technology**, v.165, p. 238–250, 2011.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Girassol**. Disponível em: <[http://WWW.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_pag=54&cod\\_pai=38](http://WWW.cnpso.embrapa.br/index.php?op_pag=54&cod_pai=38)>., Acesso em 16 de novembro de 2011.

FENNEMA, O.R. **Química de los Alimentos**. 1.ed. Zaragoza, editora Acribia, 2000, 1280p.

GLENCROSS, B. et al. Evaluation of the influence of drying process on the nutritional value of lupin protein concentrates when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Aquaculture**, v. 265, p. 218–229, 2007.

GONZÁLEZ-PÉREZ S.; VEREIJIKEN, J.M. Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, n. 12, p. 2173–2191, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: IAL, v.1, 1985, 368p.

LEDOUX, D.R. et al. Effects of feeding crambe meal upon intake, gain, health and meat quality of broiler chicks, **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.227±24, 1999.

LEHNINGER A.L.; NELSON D.L.; COX M.M. **Principles of Biochemistry**, Fourth Edition Nova Iorque: W. H. Freeman, 2004, 1119p.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica Agroindustrial**. Editoria Acribia S/A, 1996, 380p.

MANDARINO, J.M.G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 25 p., 1992.

MARIOD, A.A.; FATHY, S.F.; ISMAIL, M. Preparation and characterisation of protein concentrates from defatted kenaf seed, **Food Chemistry**, v.123, p.747–752, 2010.

MODESTI, C. F. et al. Caracterização de concentrado proteico de folhas de mandioca obtido por precipitação com calor e ácido. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.27 n°3, p 464-469, jul.-set. 2007.

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

NRC, National Research Council, **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Committee on Animal Nutrition, National Academy Press, Washington, D.C., 2011, 392p.

OKEZIE, B.; BELLO, A. B. Physico-chemical and functional properties of winged beans flour and isolated compared with soy isolated. **J. Food Sci.**, v. 53, p. 450, 1988.

REFSTIE, S. et al. Effects of dietary yeast cell wall  $\beta$ -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal, **Aquaculture**, v. 305, p.109–116, 2010.

SANTIGOSA, E. et al. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources, **Aquaculture**, v.282, p.68–74, 2008.

SILVA, J.M.G. et al. Feed intake and growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) fed diets with partial replacement of fish meal with plant proteins. **Aquaculture Research**, v. 41, p.20–30, 2010.

SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.38 p.353- 356, 1946.

TAVERNARI, F.C. **Digestibilidade dos aminoácidos e valores energéticos do farelo de girassol e sua inclusão na ração de frangos de corte**/ Fernando de Castro Tavernari, 2008, 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Nutrição), Universidade Rural de Pernambuco, 2008.

THOMÁS, M.; VAN VLIET, T.; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, v.70, p.59-78, 1998.

TUSCHE, K. et al. Evaluation of feed attractants in potato protein concentrate based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.321, p.54–60, 2011.

**WATERHOUSE, A. Folin-Ciocalteu Micro Method for Total Phenol in Wine**  
Department of Viticulture & Enology University of California, Davis, 2001, disponível em:  
<http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/fofinmicro.htm>, acesso em abril de 2011.

## 5. ARTIGO II

# PARÂMETROS DIGESTIVOS DE JUNDIÁS ALIMENTADOS COM CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELOS DE GIRASSOL E CRAMBE #1

Naglezi de Menezes Lovatto<sup>(1)</sup>, Leila Picolli da Silva<sup>(2)</sup>, Bruno Bianchi Loureiro<sup>(3)</sup>, Fernanda Rodrigues Goulart<sup>(4)</sup>, Caroline Sefrin Speroni<sup>(5)</sup>, Ana Betine Beutinger Bender<sup>(6)</sup> e João Radünz Neto<sup>(7)</sup>

Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil,

<sup>(1)</sup>naglezilovatto@hotmail.com, <sup>(2)</sup>leilasliva@yahoo.com.br, <sup>(3)</sup>brunodino\_zoo@hotmail.com, <sup>(4)</sup>fernanda.zoo@bol.com.br, <sup>(5)</sup>carol\_sspe@hotmail.com, <sup>(6)</sup>betinebender@hotmail.com, <sup>(7)</sup>jradunzneto@gmail.com

#artigo científico submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira- PAB.

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Bem Estar Animal-UFSM-PRPGP. Número do processo: 23081.004071/2011-95



**Resumo-** O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da utilização de concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe na dieta de juvenis jundiás, como substitutos da fonte protéica de origem animal. Foram utilizados 300 jundiás criados em 15 unidades experimentais de 280L, constituindo cinco tratamentos com três repetições. Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe. Avaliaram-se parâmetros de crescimento, índices zootécnicos e enzimas digestivas dos peixes. Não houve diferença estatística para peso e comprimento padrão, os peixes da dieta CPFCr-25% apresentaram maior comprimento total. Não houve diferença estatística no teor de matéria seca, proteína e proteína total depositada entre a carcaça dos animais submetidos aos distintos tratamentos. Não houve diferença estatística nos parâmetros digestivos índice hepatossomático, índice digestivossomático e quociente intestinal. Não houve diferença significativa na atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina. Verificou-se aumento da atividade da protease ácida. O aumento quantitativo e qualitativo de proteína permite a utilização dos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe como substituto à fonte protéica de origem animal.

Termos para indexação: Concentrados Proteicos. Nutrição de Peixes. *Rhamdia quelen*. Enzimas Digestivas.

## **DIGESTIVE PARAMETERS OF SILVER CATFISH FED PROTEIN CONCENTRATES OF SUNFLOWER MEAL AND CRAMBE MEAL**

**Abstract-**The aim of study was to evaluate the effect of the use of protein concentrates of sunflower meal and crambe meal in the diet of juvenile silver catfish, as substitute of animal protein source. Used 300 silver catfish raised in 15 experimental units of 280 liters, representing five treatments with three replications. We evaluated two levels (25 and 50%) replacement of the protein from the meat and bone swine flour by protein concentrates of sunflower meal and crambe meal. Were evaluated parameters of growth, digestive enzymes and biological indices of fishes. There was no statistical difference for weight and standard length. The fish diet CPFCr-25% had greater total length. There was no statistical difference in dry matter, protein and total protein deposited between the animals submitted to different diets. There was no statistical difference in the digestive parameters: hepatosomatic index, intestinal quotient and digestivesomatic index. There was no significant difference in the activity of digestive enzymes trypsin and chymotrypsin. There was increased activity of acid protease. The quantitative and qualitative increase of protein allows the use of protein concentrates sunflower meal and crambe meal as a substitute for animal protein source.

Index terms: Protein Concentrates. Fish Nutrition. *Rhamdia quelen*. Digestive Enzymes.

## 1. Introdução

Peixes consomem proteínas a fim de obter aminoácidos, pois a proteína ingerida será digerida ou hidrolisada, liberando aminoácidos livres, ao quais serão absorvidos no trato intestinal e distribuídos pela corrente sanguínea para órgãos e tecidos (HALVER e HARDY, 2002). A ingestão regular de proteína/aminoácidos é necessária, pois os aminoácidos são usados continuamente pelo peixe, tanto para obtenção de novas proteínas, quanto para substituir proteínas já existentes (HALVER e HARDY, 2002).

Atualmente estudos sobre nutrição de peixes têm se voltado à substituição das farinhas de carne e de peixe por fontes protéicas vegetais, uma vez que as fontes protéicas animais estão tornando-se escassas (GATLIN et al., 2007; NAYLOR et al., 2009, HARDY, 2010). Mas considerando que as fontes protéicas de origem animal possuem elevado teor de proteína, excelente perfil de aminoácidos, alta digestibilidade e palatabilidade, e são praticamente livres de antinutrientes (KAUSHIK e SEILIEZ, 2010; KROGDAHL et al., 2010), sua substituição por fontes vegetais torna-se problemática devido ao desbalanço aminoacídico, fatores antinutricionais e substâncias indigeríveis (fibras) contidos nesses ingredientes (LARSEN et al., 2012).

Dentre essas fontes protéicas estão o farelo de girassol (*Helianthus annuus*) e o farelo de crambe (*Crambe abyssinica*). Trabalhos que utilizaram o farelo de girassol na alimentação de peixes, em diferentes proporções mostraram que os níveis de substituição podem ser de 15 a 30% para diferentes espécies (OLVERA-NOVOA et al., 2002; LOZANO et al., 2007; MÉRIDA et al., 2010), sendo os fatores limitantes da inclusão, o baixo teor dos aminoácidos lisina e metionina, o alto teor de fibra e a presença de fatores antinutricionais e inibidores enzimáticos. Estudos sobre o farelo de crambe são escassos e não há definições concretas sobre seu uso na alimentação de peixes, porém este contém altos teores de ácido erúico (FUNDAÇÃO MS, 2010), que é um reconhecido fator antinutricional para peixes.

Nesse contexto o uso de concentrados proteicos vegetais torna-se uma alternativa promissora na alimentação de peixes já que é possível a obtenção de fontes com baixos teores de fibra (OLVERA-NOVOA et al., 1998) e livres de antinutrientes, com melhor perfil de aminoácidos e maior digestibilidade de nutrientes (SALZE et al., 2010).

O jundiá, espécie estudada neste trabalho, é um peixe de couro, de hábito alimentar onívoro. O gênero *Rhamdia* pertence à classe *Osteichthyes*, série *Teleostei*, ordem *Siluriformes* e à família *Heptateridae* (BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004). Esta espécie tem despertado grande interesse dos piscicultores da região Sul do Brasil, devido a seu rápido crescimento, aceitação de dietas artificiais com fontes protéicas vegetais e resistência ao manejo, mesmo nos meses de inverno do Sul (FRACALOSSO et al., 2002). As informações no que diz respeito à nutrição do jundiá ainda são escassas, e em função disso, muitos dados disponíveis na literatura estão relacionados às exigências nutricionais do *Ictalurus punctatus*, o bagre norte-americano (BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004).

Estudos sobre enzimas digestivas de peixes auxiliam sobre os níveis de ingredientes e fatores existentes nesses. Lundstedt et al. (2004) ressaltam que não deve-se levar em conta somente atividade das enzimas digestivas para avaliar os nutrientes de uma dieta, porém o estudo dessas enzimas é de suma importância quando da utilização de fontes protéicas diferenciadas na alimentação de peixes, bem como elucidar problemas nutricionais inerentes a fisiologia digestiva (STECH et al., 2009) e aos ingredientes utilizados.

Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe na dieta de juvenis jundiás, como substitutos da fonte protéica de origem animal, sobre os parâmetros zootécnicos, atividade de enzimas digestivas e composição química da carcaça.

## 2. Material e Métodos

### **Local e época:**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (altitude 95m, 29°43'S, 53°42'W), de fevereiro a abril de 2011.

### **Matéria prima:**

O farelo de girassol peletizado, com casca, foi moído e posteriormente peneirado em granulômetro, com peneiras de 600µm, para retirada do excesso de fibra e melhora na quantidade de proteína bruta do farelo.

A torta de crambe (variedade FMS Brilhante) foi desengordurada com hexano (2:1 v/p), para a obtenção do farelo de crambe, o qual foi utilizado para obtenção do concentrado proteico.

Os métodos de enriquecimento proteico passaram por quatro etapas distintas: a dispersão (por trituração e agitação em meio aquoso). O tratamento em meio básico, para solubilização das proteínas. A extração propriamente dita, através do pH isoelétrico e também eliminação da fase líquida. A última etapa foi a secagem do concentrado para retirada da umidade da amostra. Os concentrados proteicos dos farelos de girassol e crambe foram obtidos através da metodologia descrita por Smith et al. (1946) com modificações.

### **Instalações e animais:**

Para criação dos peixes foi utilizado sistema fechado de recirculação de água com regulagem de temperatura, composto por reservatório de fibra de vidro com capacidade para 2000 litros, dotado de dois aquecedores elétricos de 2000 Watts cada, com regulagem por termostatos. Também faziam parte do sistema dois filtros biológicos (duas caixas de fibra de vidro com 1000 litros de capacidade cada, contendo pedra britada). Ligadas ao mesmo sistema, foram utilizadas 15 unidades experimentais, compostas por caixas de polipropileno

com 280 litros de volume útil. Cada unidade possui aeração e entrada e saída de água individuais. Para a circulação da água, foi utilizada uma motobomba com  $\frac{1}{2}$  cv de potência, que capta a água de escoamento das unidades experimentais, bombeando-a para o reservatório elevado, com oxigenação por sistema Venturi. A água utilizada nos experimentos foi proveniente de poço artesiano.

Foram utilizados 300 jundiás com peso médio inicial de  $14,59 \pm 0,18$ g, advindos da Universidade de Passo Fundo - UPF, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. Os animais foram criados em 15 unidades experimentais de 280 litros constituindo cinco tratamentos com três repetições cada, utilizando-se densidade de estocagem média inicial de 1,04g/L. Antes do início do experimento os peixes passaram por período de adaptação de 10 dias à dieta experimental e ao circuito de recirculação.

Para o controle de qualidade da água foram analisados, na água retirada da entrada do filtro biológico antes da primeira limpeza do dia, os seguintes parâmetros físicos e químicos: temperatura (controlada diariamente as 8 e 17h), oxigênio dissolvido (oxímetro digital YSI modelo 550A), pH, amônia total, nitrito, alcalinidade total e dureza total utilizando kit colorimétrico da marca Alfakit<sup>®</sup>. Excetuando a temperatura e oxigênio dissolvido, as demais análises foram conduzidas duas vezes por semana.

#### **Dietas e manejo alimentar:**

Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição parcial da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos em questão, de acordo com o percentual de proteína e perfil aminoacídico obtidos nos concentrados proteicos. A composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas está descrita na tabela 1.

As dietas experimentais estão descritas na Tabela 2 e foram formuladas utilizando-se 37% de Proteína Bruta, segundo Meyer e Fracalossi (2004) com 3.200kcal ED kg<sup>-1</sup> e exigência em aminoácidos segundo Montes-Girao e Fracalossi (2006), sendo que farinha de

carne e ossos suína e concentrado proteico de soja (Incosoy60®) foram utilizados como base protéica da dieta controle. As dietas foram isocalóricas e isoprotéicas. A composição bromatológica e aminoacídica das dietas está na Tabela 3.

Os ingredientes utilizados foram pesados e posteriormente misturados, manualmente, até completa homogeneização. Após, as dietas foram umedecidas, peletizadas (4mm) em máquina de moer carne e secas em estufa (Marconi MA035) com circulação de ar à 50°C por 24 horas.

Os animais foram arraçoados três vezes ao dia (até saciedade aparente), as 9, 13 e 17 horas, sendo que a limpeza (sifonagem) das caixas eram realizadas as 8 e 16 horas.

#### **Amostragem, análises e parâmetros avaliados:**

Os animais utilizados para análise da composição centesimal foram submetidos a jejum de 24 horas e coletados aleatoriamente as zero e sete semanas experimentais. Para a determinação da composição centesimal do peixe inteiro foram realizadas análises de umidade, cinzas e proteína bruta (Micro-Kjeldahl, utilizando 6,25 como fator de conversão), seguindo as metodologias descritas na AOAC (2000). Os lipídeos foram extraídos e quantificados pelo método de BLIGH-DYER (1959).

Por ocasião da coleta de animais, também foram realizadas biometrias, no período inicial experimental, as quatro e as sete semanas experimentais, utilizando balança digital com duas casas decimais e paquímetro digital. A biomassa foi avaliada a cada 15 dias. Antes de qualquer coleta de dados, os peixes foram anestesiados com Eugenol (20 mg/L de água) (CUNHA et al., 2010) e abatidos com punção cervical.

Avaliaram-se os seguintes parâmetros de crescimento: Peso (P): peso obtido ao final de cada período, em gramas; Comprimento Total (CT): medida da porção anterior da cabeça até o final da nadadeira caudal, em cm; Comprimento Padrão (CP) medida da porção anterior da cabeça até a inserção da nadadeira caudal, em cm; Taxa de Crescimento Específico

(%/dia):  $TCE = (\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial}))/\text{dias} * 100$ ; Ganho de Peso Relativo (%):  $GPR (\%) = (\text{peso final} - \text{peso inicial})/\text{peso inicial} * 100$ ; Fator de condição (FC):  $FC = (P/CT^3)$  e Sobrevivência dos animais (%): percentagem de sobreviventes em relação ao número inicial de peixes em cada tratamento;

Onde:  $AC_t$  = alimento consumido total;  $\ln$  = logaritmo neperiano.

Para o cálculo dos **dados de carcaça**, os animais foram eviscerados para obterem-se os valores de peso de carcaça, peso e comprimento de trato digestivo e peso de fígado.

Foram calculados os seguintes parâmetros: Rendimento de carcaça (%): diferença entre o peso inteiro e o peso eviscerado, com as brânquias e a cabeça, expresso em percentagem, segundo Melo et al. (2002). Índice digestivossomático - IDS (%):  $(\text{peso do trato digestivo}/\text{peso do peixe}) * 100$ ; Índice hepatossomático - IHS (%):  $(\text{peso do fígado}/\text{peso do peixe}) * 100$ ; Quociente intestinal - QI: comprimento do trato/comprimento do peixe; Proteína Bruta Total Depositada(g):  $PBTD = [Pf * (\%PBCf/100)] - [Pi * (\%PBCi/100)]$ ; Gordura Total Depositada (g):  $GTD = [Pf * (\%GCf/100)] - [Pi * (\%GCi/100)]$ , segundo Camargo et al (1999).

Onde:  $PBC_i$  = proteína corporal inicial;  $PBC_f$  = proteína corporal final; PBC: proteína bruta da dieta;  $GC_i$ : gordura corporal inicial;  $GC_f$ : gordura corporal final.

#### **Parâmetros enzimáticos:**

Foram analisadas as atividades das seguintes enzimas digestivas no estômago ou intestino delgado: Protease ácida de acordo com Hidalgo et al. (1999), Tripsina e quimotripsina seguindo metodologia proposta por Hummel (1959).

#### **Delineamento experimental e análise estatística:**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.



### 3. Resultados e discussão

Os parâmetros químicos e físicos da água (Tabela 4) mantiveram-se na faixa aceitável para espécies de peixes de água temperada (ARANA, 2004; BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004).

Os parâmetros zootécnicos iniciais (dia zero) foram semelhantes entre os grupos de animais submetidos aos distintos tratamentos (Tabela 5). Ao final do período experimental não houve diferença estatística para peso (P) e comprimento padrão (CP), porém o comprimento total (CT) variou ( $P < 0,05$ ), sendo que os peixes da dieta CPFcr-25% apresentaram maior comprimento total, seguidos dos animais das dietas CPFg-25%, Controle, CPFg50% e CPFcr-50%, respectivamente.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para taxa de crescimento específico (TCE), e ganho de peso relativo (GPR). Em relação ao fator de condição (FC), os maiores valores foram encontrados na dieta CPFg-25%. A sobrevivência dos animais foi de 100% para todas as dietas avaliadas.

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) no teor de matéria seca, proteína e proteína bruta total depositada (PBSD) entre a carcaça dos animais submetidos aos distintos tratamentos (Tabela 6). Observou-se maior teor de matéria mineral nas dietas Controle e CPFcr-50%. Maiores teores de lipídeos e de gordura total depositada (GTD) foram encontrados na dieta CPFg-50%, esse comportamento pode ter ocorrido devido ao maior teor de gordura contido na dieta em questão, (cerca de 10%).

Os peixes submetidos às distintas dietas não se diferiram quanto ao rendimento de carcaça (RC), Índice Digestivosomático (IDS), Índice Hepatosomático (IHS) e Quociente Intestinal (QI) (Tabela 7), demonstrando que não houve alterações morfológicas em relação às dietas testadas, ou seja, não foi observada adaptação aparente do trato gastrintestinal ao tipo de alimento ingerido (PEDRON, 2006). Porém esses valores podem variar, dependendo da

idade do peixe, bem como com o tipo de dieta recebida (GOMIERO et al., 2007), tendo capacidade de alterar a estrutura, bem como as propriedades absorptivas de seu sistema digestivo em relação às mudanças da dieta (BALDISSEROTTO, 2009). Contudo essas modificações estruturais são mais marcantes quando há um aumento no conteúdo de carboidratos (BALDISSEROTTO, 2009) e de fibra na dieta (RADÜNZ NETO et al., 2006).

A atividade de enzimas digestivas proteolíticas é um parâmetro importante quando se quer avaliar eficiência de novos ingredientes nas dietas para peixes (KOLKOVSKI, 2001), principalmente quando se está testando fontes protéicas de origem vegetal, ricas, na sua maioria, em inibidores de proteases (MÉRIDA et al., 2010).

As atividades de tripsina e quimotripsina neste estudo não foram afetadas pela utilização dos concentrados proteicos na dieta (Tabela 8). Estas enzimas são normalmente utilizadas para predizer a qualidade da proteína dietética bem como a capacidade do aparelho digestivo, os quais poderão inferir em diferenças na taxa de crescimento dos peixes (SUNDE et al., 2004), já que autores demonstram que a utilização de proteínas vegetais na alimentação de peixes resulta em diminuição na atividade da enzima tripsina, além de reduzir o crescimento dos peixes (REFSTIE et al., 1998; KROGDAHL et al., 2003), devido a presença de fatores antinutricionais, bem como o tipo de proteína contido na dieta (HIDALGO et al., 1999; PAVASOVIC et al., 2007).

Gatlin et al. (2007) e Salze et al. (2010) demonstraram que o uso de farelos vegetais na alimentação de peixes pode provocar inibição de proteases bem como comprometimento na integridade intestinal, principalmente em peixes carnívoros.

A protease ácida é a enzima mais comum do estômago de peixes, é responsável pelo início da digestão protéica (BALDISSEROTTO, 2009). A protease ácida (pepsina) hidrolisa as proteínas ingeridas nas ligações peptídicas do lado aminoterminal dos resíduos de aminoácidos aromáticos, tirosina, fenilalanina e triptofano, rompendo longas cadeias de

polipeptídios em uma mistura de peptídeos menores (LEHNINGER et al., 2004), normalmente tripeptídios e dipeptídios. Neste trabalho, o aumento na atividade da protease ácida em estômago não alterou os parâmetros de crescimento e de índices digestivos, já que esta enzima não é responsável pela absorção de peptídeos, mas sim pela quebra dos mesmos (LUNDSTEDT et al., 2004). Zambonino-Infante e Cahu (2007) demonstram que a atividade da pepsina é mais alterada pela forma (polipeptídeos, tripeptídeos entre outras) em que a proteína chega ao estômago do que pelo teor de proteína na dieta.

Os resultados encontrados demonstram que o uso de concentrados proteicos das fontes vegetais estudadas, pode se tornar uma alternativa viável na nutrição de peixes, já que possibilita a obtenção de ingredientes proteicos vegetais livres de fibra e com baixos teores de antinutrientes.

#### **4. Conclusões**

1. O uso de concentrados proteicos na alimentação de jundiás mostra-se eficiente como alternativa de diminuir o uso de proteína de origem animal.
2. Não houve alterações na composição centesimal e índices digestivos dos peixes para todas as dietas testadas. Além disso, não foi verificada alteração na atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina.
3. O aumento quantitativo e qualitativo de proteína permite a utilização dos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em até 50% de substituição à fonte protéica de origem animal.

## 5. Referências Bibliográficas

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, 1137p., 2000.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: UFSC, 2004, 231p.

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

BALDISSEROTTO, Bernardo. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**, 2. ed. rev. ampl. Santa Maria, Ed. UFSM, 2009, 349p.

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

CAMARGO, A.C.S.; VIDAL JR, M.V.; DONZELE, J.L. Níveis de energia metabolizável para Tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo. 1. Composição das carcaças. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, p.409-415, 1999.

CUNHA, M.A.; ZEPPEFELD, C.C.; GARCIA, L.O.; LORO, V.L.; FONSECA, M.B.; EMANUELLI, T.; VEECK, A.P.L.; COPATTI, C.E.; BALDISSEROTTO, B. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analyses of fillet. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2107-2114, 2010.

FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama Aquic.** v.12, p.43– 49, 2002.

FUNDAÇÃO MS; **Tecnologia e Produção do Crambe 2010**, Maracaju: Fundação MS, 60 p.: il., 2010.

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

GOMIERO, L.M.; SOUZA, U.P.; BRAGA, F.M.S. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP, **Biota Neotropica**, Vol.7, n.3, p. 127-133, 2007.

HALVER, J. E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish Nutrition**. 3rd version. Elsevier Science, San Diego, USA. p. 506–601, 2002.

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

HIDALGO, M.C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzyme fish with different nutritional habits: Proteolytic and amylase activities. **Aquaculture**, v.170, p.267-283, 1999.

HUMMEL, B.C.W. A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and thrombin. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37 n.12, p.1393-1399, 1959.

KAUSHIK, S.J.; SEILIEZ, I., Protein and amino acid nutrition an metabolism in fish: current knowledge and future needs. **Aquaculture Research**, v.41, n.3, p.322-332, 2010.

KOLKOVSKI, S. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles - implications and applications to formulated diets. **Aquaculture**, v.200, p.181-201, 2001.

KROGDAHL A.; BAKKE-MCKELLEP A.M.; BAEVERFJORD G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v. 9, p. 361-371, 2003.

KROGDAHL, A.; PENN, M.; THORSEN, J.; REFSTIE, S.; BAKE, 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.

LARSEN, B.K.; DALSGAARD, J.; PEDERSEN, P.B. Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Aquaculture**, v.326–329, p. 90–98, 2012.

LEHNINGER A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**, Fourth Edition Nova Iorque: W. H. Freeman, p. 1119, 2004.

LOZANO N.B. S.; VIDAL, A. T.; MARTÍNEZ-LLORENS, S.; MÉRIDA, S.N.; BLANCO, J.E., LÓPEZ; A.M., TORRES; M.A., CERDÁ, M.J. Growth and economic profit of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed sunflower meal, *Aquaculture*, v. 272, p. 528–534, 2007.

LUNDSTEDT, L.M.; MELO, J.F.B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei:Siluriformes) in response to diet composition. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.137 B, p.331-339. 2004.

MELO, J.F.B.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J.H.S.; TROMBETTA, C.G. Desenvolvimento e Composição Corporal de Alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen*) Alimentados com Dietas Contendo diferentes Fontes de Lipídios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.323-327, 2002.

MÉRIDA, S.N.; TOMÁS-VIDAL, A.; MÁRTINEZ-LLORENS, CERDÁ, M.J. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology, **Aquaculture**, v.298. p.275–281, 2010.

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

\_\_\_\_\_.; FRACALOSSO, D.M., BORBA, M.R. A importância da quantidade de energia na ração de peixes. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 83, p. 53-57, maio/jun., 2004.

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

NAYLOR, R.L.; HARDY, R.W.; BUREAU; D.P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A.P.; FORSTER, I.; GATLIN, D.M.; GOLDBURG, R.J.; HUA, K.; NICHOLS, P.D. Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America- PNAS**, v. 106, n. 36, p.15103–15110, 2009.

OLVERA-NOVOA, M.A.; DOMINGUÉZ-CEN, L.J.; OLIVERA-CASTILLO, L. Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. **Aquac. Res.** v.29, p.709–715, 1998.

\_\_\_\_\_. OLIVERA-CASTILLO, L.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C.A. Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulanger, 1896) fingerlings. **Aquac. Res.** v.33, p.223–229, 2002.

PAVASOVIC, A.; ANDERSON, A.J.; MATHER, P.B.; RICHARDSON, N. Influence of dietary protein on digestive enzyme activity, growth and tail muscle composition in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). **Aquac. Res.**, v.38, p.644–652, 2007.

PEDRON, F.A. **Fibra na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2006, 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Produção Animal) Fabio de Araújo Pedron, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006, disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Fabio\\_de\\_Araujo\\_Pedron.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Fabio_de_Araujo_Pedron.pdf)>. Acesso em: agosto de 2011.

RADÜNZ NETO, J.; LAZZARI, R.; PEDRON, F.A.; VEIVERBERG, C.A.; BERGAMIN, G.T.; CORRÊIA, V.; FILIPETTO, J.E.S. Alimentação da piava (*Leporinus obtusidens*) com diferentes fontes protéicas, **Ciência Rural**, v.36, n.5, set-out, 2006.

REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; ROEM, A.J. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon - *Salmo salar* fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens, **Aquaculture** v.162, p.301–312, 1998.

SALZE, G.; MCLEAN, E.; BATTLE, P.R.; SCHWARZ, M.H; CRAIG, S.R. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v.298, p.294–299, 2010.

SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.38, p. 353- 356, 1946.

STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J.; PIZAURO JÚNIOR, J.M. Fatores que afetam a produção de enzimas digestivas em peixes e o uso de enzimas exógenas como ferramentas em nutrição de peixes. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.13, n.2, p. 79-93, 2009.

SUNDE, J.; EIANE, S.A.; RUSTAD, A.; JENSEN, H.B.; OPSTVEDT, J.; NYGARD, E., VENTURINI, G.; RUNGRUANGSAK-TORRISEN, K. Effect of fish feed processing conditions on digestive protease activities, free amino acid pools, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.10, p. 261-277, 2004.

ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; CAHU, C.L, Dietary modulation of some digestive enzymes and metabolic processes in developing marine fish: Applications to diet formulation, **Aquaculture**, v.268, p.98–105, 2007.

Tabela 1- Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.

| Constituinte                                       | Composição analisada <sup>1</sup> (g 100g <sup>-1</sup> Matéria natural) |         |         |         |         |         |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | Milho  | FADE    | INCOSOY | CPFG    | CPFCr   | FCOS    |
| Umidade  | 10,45  | 10,9    | 6,5     | 5,82    | 3,53    | 4,65    |
| Matéria seca                                       | 89,55  | 89,10   | 93,5    | 94,18   | 96,47   | 93,35   |
| Proteína Bruta                                     | 8,44   | 18,27   | 64,12   | 51,36   | 50,42   | 60,25   |
| Matéria Mineral                                    | 1,32   | 13,95   | 6,01    | 6,94    | 6,13    | 17,04   |
| Lipídeos   | 3,36   | 1,17    | 0,39    | 6,28    | 12,3    | 20,12   |
| FDN  | 7,34   | 24,12   | 15,2    | 19,82   | 20,90   | -       |
| ED <sup>2</sup>                                    | 2534,57  | 1028,01 | 3293,49 | 3142,94 | 3604,44 | 4765,86 |
| Ca   | 0,008  | 0,22    | 0,38    | 0,04    | 0,07    | 6,61    |
| P  | 0,29   | 2,89    | 0,73    | 0,11    | 0,14    | 3,13    |
| Aminoácidos <sup>3</sup> (g 100g <sup>-1</sup> PB) |  |         |         |         |         |         |
| Lisina   | 0,22   | 1,04    | 4,07    | 1,74    | 2,57    | 3       |
| Meti + cis   | 0,3  | 0,652   | 2,28    | 1,89    | 2,02    | 1,25    |
| Treonina   | 0,25   | 0,83    | 2,62    | 1,64    | 2,47    | 1,75    |
| Triptofano   | 0,06   | -       | -       | -       | -       | 0,4     |
| Valina   | 0,34   | 1,13    | 3,28    | 2,61    | 2,9     | 2,22    |
| Isoleucina   | 0,21   | 0,605   | 2,77    | -       | -       | 1,63    |
| Leucina  | 0,81   | 1,26    | 4,68    | 3       | 3,45    | 3,16    |
| Fenilalanina                                       | 0,31   | 0,905   | 3,43    | 1,93    | 2,24    | 1,71    |
| Histidina  | 0,2  | 0,789   | 1,93    | 1,03    | 1,42    | 1,16    |
| Arginina   | 0,35   | 1,21    | 3,89    | 3,28    | 2,89    | 3,54    |

<sup>1</sup> Composição analisada no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (RS). FADE: Farelo de arroz desengordurado; INCOSOY: concentrado proteico de soja; CPFG: concentrado Proteico de farelo de girassol; CPFCr: concentrado proteico de farelo de crambe; FCOS: farinha de carne e ossos suína. MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; ED: energia digestível; Ca: cálcio; P: fósforo. <sup>2</sup> Calculada: Energia digestível = [(PB\*5,65 \*0,85)+(EE\*9,4\*0,9)+(CSDN\*4,15\*0,7)] (ajustada de acordo com Meyer et al., 2004). <sup>3</sup> Analisados no Laboratório de Análises Micotoxicológicas – LAMIC/CCR/UFSM.



Tabela 2- Formulação das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| INGREDIENTES                    | TRATAMENTOS (%)       |                       |                         |                       |                         |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
|                                 | Controle <sup>1</sup> | CPFG-50% <sup>2</sup> | CPF Cr-50% <sup>3</sup> | CPFG-25% <sup>4</sup> | CPF Cr-25% <sup>5</sup> |
| Milho                           | 19,5                  | 17,77                 | 20                      | 23                    | 22                      |
| Amido de milho                  | 2,4                   | 6,7                   | 1,5                     | 3                     | 1,65                    |
| FADE <sup>6</sup>               | 3,7                   | 3                     | 4,5                     | 6                     | 6,5                     |
| Incosoy 60® <sup>7</sup>        | 26                    | 26,09                 | 25,77                   | 25                    | 25                      |
| CPFG <sup>6</sup>               | -                     | 17,6                  | -                       | 8,8                   | -                       |
| CPF Cr <sup>7</sup>             | -                     | -                     | 17,93                   | -                     | 8,97                    |
| FCOS <sup>8</sup>               | 30                    | 14,99                 | 14,99                   | 22,49                 | 22,49                   |
| Óleo de soja                    | 3,5                   | 10,64                 | 4,5                     | 6,5                   | 3,5                     |
| Premix vitam./min. <sup>9</sup> | 3                     | 3                     | 3                       | 3                     | 3                       |
| Fosfato bicálcico               | 3,64                  | 0                     | 0,4                     | 0                     | 0,25                    |
| Glutamato monos.                | 0,25                  | 0,2                   | 0,25                    | 0,2                   | 0,25                    |
| BHT <sup>10</sup>               | 0,01                  | 0,01                  | 0,01                    | 0,01                  | 0,01                    |
| Calcário calcítico              | 2,2                   | 0                     | 1,8                     | 1,5                   | 2                       |
| Inerte                          | 5,8                   | 0                     | 5,35                    | 0,5                   | 4,38                    |
| L-lisina                        | -                     | -                     | 0,08                    | -                     | -                       |
| DL-metionina                    | 0,32                  | 0,25                  | 0,23                    | 0,17                  | 0,51                    |

<sup>1</sup>Controle: Farinha de carne e ossos suína + concentrado Proteico de soja 60% (INCOSOY60®), <sup>2</sup>Concentrado Proteico de girassol 50%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>3</sup>Concentrado Proteico de Crambe 50%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína. <sup>4</sup>Concentrado Proteico de girassol 25%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>5</sup>Concentrado Proteico de crambe 25%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>6</sup>Farelo de Arroz Desengordurado; <sup>7</sup>Concentrado Proteico de soja 60%PB; <sup>8</sup>Farinha de carne e ossos suína; <sup>9</sup>premix vitamínico e mineral-composição (por kg de produto/ Migfish 1%): Ác. Fólico: 299,88 mg, Ác. Ascórbico: 15.000,12 mg, Ác. Pantotênico: 3.000,10 mg, Biotina: 0,06 mg, Niacina (B3): 9.000,32 mg, Colina (B4): 103.500,00 mg, Vit.A: 1.000.000,00 UI, Vit. B1: 1.500,38 mg, Vit. B2: 1.500,0 mg, Vit. B6: 1.500,38mg, Vit. D3: 240.000,00 UI, Vit. E: 10.000,00mg, Vit. K3: 400,00 mg, Inositol: 9.999,92 mg, Ferro: 6.416,80mg, Manganês: 8.000,40mg, Cobre: 1.000,00mg, Zinco: 13.999,50mg, Iodo: 45,36mg, Cobalto: 60,06mg, Selênio: 60,30 mg, Magnésio: 5,10mg, Cloro: 2,30%, Enxofre:0,01%. <sup>10</sup>Butil hidróxi tolueno (BHT).

Tabela 3- Composição bromatológica e de aminoácidos<sup>6</sup> das dietas experimentais de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| COMPONENTES                           | TRATAMENTOS (%)       |                       |                        |                       |                        |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                       | Controle <sup>1</sup> | CPFG-50% <sup>2</sup> | CPFCr-50% <sup>3</sup> | CPFG-25% <sup>4</sup> | CPFCr-25% <sup>5</sup> |
| <b>Matéria seca</b>                   | 95,55                 | 97,06                 | 96,16                  | 94,88                 | 94,82                  |
| <b>Proteína bruta</b>                 | 37,07                 | 36,85                 | 37,11                  | 37,14                 | 37,15                  |
| <b>Lisina</b>                         | 2,04                  | 1,89                  | 1,67                   | 2,04                  | 2,04                   |
| <b>Metionina+ Cistina</b>             | 1,37                  | 1,37                  | 1,37                   | 1,37                  | 1,37                   |
| <b>Treonina</b>                       | 1,28                  | 1,02                  | 1,02                   | 1,30                  | 1,38                   |
| <b>Triptofano</b>                     | 0,13                  | 0,07                  | 0,07                   | 0,18                  | 0,10                   |
| <b>Valina</b>                         | 1,63                  | 1,28                  | 1,30                   | 1,69                  | 1,73                   |
| <b>Isoleucina</b>                     | 1,27                  | 1,02                  | 1,03                   | 1,46                  | 1,14                   |
| <b>Leucina</b>                        | 2,37                  | 1,88                  | 1,90                   | 2,65                  | 2,45                   |
| <b>Fenilalanina+tirosina</b>          | 1,48                  | 1,23                  | 1,24                   | 1,77                  | 1,57                   |
| <b>Histidina</b>                      | 0,92                  | 0,74                  | 0,75                   | 1,11                  | 0,97                   |
| <b>Arginina</b>                       | 2,19                  | 1,64                  | 1,66                   | 2,72                  | 2,18                   |
| <b>Matéria Mineral</b>                | 4,28                  | 3,49                  | 4,65                   | 4,50                  | 4,78                   |
| <b>Calcio</b>                         | 3,78                  | 1,10                  | 1,86                   | 2,14                  | 2,39                   |
| <b>Fósforo</b>                        | 1,99                  | 1,15                  | 1,22                   | 0,82                  | 0,97                   |
| <b>FDN<sup>7</sup></b>                | 6,28                  | 9,48                  | 10,22                  | 8,68                  | 8,86                   |
| <b>Extrato etéreo</b>                 | 10,32                 | 15,45                 | 10,53                  | 12,49                 | 10,03                  |
| <b>Energia digestível<sup>8</sup></b> | 3202                  | 3201                  | 3201                   | 3202                  | 3201                   |

<sup>1</sup>Controle: Farinha de carne e ossos suína + concentrado Proteico de soja 60% (INCOSOY60®), <sup>2</sup>Concentrado Proteico de girassol 50%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>3</sup>Concentrado Proteico de Crambe 50%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína. <sup>4</sup>Concentrado Proteico de girassol 25%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>5</sup>Concentrado Proteico de crambe 25%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína. <sup>6</sup> Analisados no Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC/UFSM), Santa Maria, RS, valores calculados para as dietas; <sup>7</sup>Fibra em detergente neutro; <sup>8</sup>Calculada: : Energia digestível= [(PB\*5,65 \*0,85)+(EE\*9,4\*0,9)+(CSDN\*4,15\*0,7)] (ajustada de acordo com Meyer et al., 2004)

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros de qualidade da água de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| <b>Parâmetros de qualidade da água</b> | <b>Média ± desvio padrão</b>                       |
|--|--|
| Oxigênio dissolvido                    | 6,72 ± 0,44 ppm                                    |
| Temperatura                            | 24,86 ± 1,51 °C                                    |
| Amônia Total                           | 0,15 ± 0,06 ppm                                    |
| Nitrito                                | 0,16 ± 0,11 ppm                                    |
| pH                                     | 7,28 ± 0,25  |
| Alcalinidade                           | 48,77 ± 13,70 mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> |
| Dureza                                 | 56,38 ± 34,62 mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> |

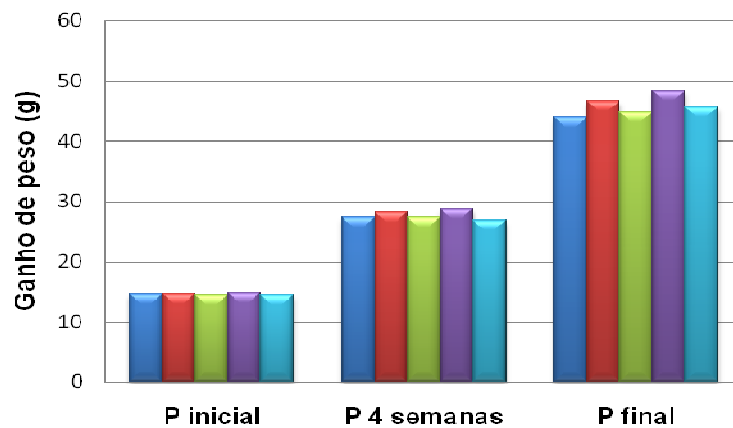


Figura 1- Ganho de Peso (g) no período experimental de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

Tabela 5 - Parâmetros zootécnicos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta substituindo a fonte protéica de origem animal.

|                    | TRATAMENTOS                   |                            |                            |                           |                           |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | Controle                      | CPFG-50%                   | CPFCr-50%                  | CPFG-25%                  | CPFCr-25%                 |
|                    | <b>INICIAL (ZERO SEMANAS)</b> |                            |                            |                           |                           |
| <b>P (g)</b>       | 14,51±0,56                    | 14,64±0,31                 | 14,35±0,50                 | 14,81±0,51                | 14,43±0,56                |
| <b>CT (cm)</b>     | 11,69±,23                     | 11,83±0,10                 | 11,66±0,10                 | 11,78±0,13                | 11,55±0,54                |
| <b>CP (cm)</b>     | 9,68±0,19                     | 9,74±0,07                  | 9,62±0,098                 | 9,77±0,09                 | 9,69±0,27                 |
|                    | <b>FINAL (7 SEMANAS)</b>      |                            |                            |                           |                           |
| <b>P (g)</b>       | 44,01±5,00                    | 46,54±3,03                 | 44,72±1,45                 | 48,25±1,32                | 45,61±3,30                |
| <b>CT (cm)</b>     | 16,34±0,29 <sup>ab</sup>      | 16,35±0,42 <sup>ab</sup>   | 16,16±0,12 <sup>b</sup>    | 16,52±0,14 <sup>ab</sup>  | 16,57±0,22 <sup>a</sup>   |
| <b>CP (cm)</b>     | 13,59±0,32                    | 13,63±0,34                 | 13,45±0,14                 | 13,72±0,10                | 13,73±0,23                |
| <b>TCE (%/dia)</b> | 2,20 ± 0,21                   | 2,29 ± 0,18                | 2,26 ± 0,17                | 2,33 ± 0,08               | 2,27 ± 0,14               |
| <b>GPR (%)</b>     | 209,12 ± 32,85                | 222,18 ± 29,22             | 217,70 ± 26,26             | 228,51 ± 14,11            | 218,17 ± 22,67            |
| <b>FC</b>          | 1,015 ± 0,04 <sup>b</sup>     | 1,061 ± 0,02 <sup>ab</sup> | 1,053 ± 0,03 <sup>ab</sup> | 1,065 ± 0,02 <sup>a</sup> | 1,019 ± 0,03 <sup>b</sup> |

P: peso; CT: Comprimento Total; CP: Comprimento Padrão; TCE: Taxa de Crescimento Específico, GPR: Ganho de Peso Relativo; FC: fator de Condição. Médias com letra diferente, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 6 - Composição centesimal do peixe inteiro e deposição de nutrientes de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta substituindo a fonte protéica de origem animal.

|                            | TRATAMENTOS             |                          |                          |                          |                          |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                            | Controle                | CPFG-50%                 | CPFCr-50%                | CPFG-25%                 | CPFCr-25%                |
| <b>Matéria seca (%)</b>    | 29,00± 0,54             | 30,34 ± 0,14             | 28,89± 0,18              | 28,140±0,58              | 28,09± 2,04              |
| <b>Materia mineral (%)</b> | 3,29± 0,10 <sup>a</sup> | 2,65 ± 0,20 <sup>b</sup> | 3,09± 0,02 <sup>a</sup>  | 2,99± 0,45 <sup>ab</sup> | 2,92± 0,25 <sup>ab</sup> |
| <b>Protéina (%)</b>        | 14,86± 0,41             | 13,93± 1,11              | 14,55± 0,95              | 14,92± 1,75              | 14,75± 1,91              |
| <b>Lípídeos (%)</b>        | 9,90± 0,40 <sup>b</sup> | 12,83± 0,79 <sup>a</sup> | 9,74 ± 0,89 <sup>b</sup> | 9,13± 0,30 <sup>b</sup>  | 9,18± 1,10 <sup>b</sup>  |
| <b>PBTD (g)</b>            | 4,57± 0,41              | 4,23 ± 0,42              | 4,35± 0,43               | 4,91 ± 0,73              | 4,54± 1,30               |
| <b>GTD (g)</b>             | 3,87± 0,18 <sup>b</sup> | 5,49± 0,57 <sup>a</sup>  | 3,900± 0,57 <sup>b</sup> | 3,88 ± 0,08 <sup>b</sup> | 3,64 ± 0,12 <sup>b</sup> |

Médias com letra diferente, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 7 - Rendimentos de carcaça e índices digestivos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta substituindo a fonte protéica de origem animal.

|                            | TRATAMENTOS |            |            |            |            |
|----------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
|                            | Controle    | CPFG-50%   | CPFCr-50%  | CPFG-25%   | CPFCr-25%  |
| <b>RC (%)<sup>1</sup></b>  | 86,41±2,06  | 84,30±2,57 | 85,74±1,85 | 85,23±0,91 | 86,17±2,23 |
| <b>IDS (%)<sup>2</sup></b> | 3,29±0,40   | 3,09±0,19  | 3,24±0,55  | 3,11±0,67  | 3,40±0,35  |
| <b>IHS (%)<sup>3</sup></b> | 1,43±0,11   | 1,64±0,24  | 1,56±0,25  | 1,50±0,08  | 1,46±0,18  |
| <b>QI<sup>4</sup></b>      | 1,24±0,18   | 1,27±0,09  | 1,34±0,36  | 1,38±0,07  | 1,31±0,12  |

<sup>1</sup>Rendimento de carcaça (%); <sup>2</sup>Índice Digestivosomático; <sup>3</sup>Índice Hepatosomático; <sup>4</sup>Quociente Intestinal. Médias com letra diferente, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05), n=9.

Tabela 8 - Atividade de enzimas digestivas de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| Parâmetro                         | TRATAMENTOS        |                    |                     |                     |                     |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                   | Controle           | CPFG-50%           | CPFCr-50%           | CPFG-25%            | CPFCr-25%           |
| <b>Tripsina<sup>1</sup></b>       | 6,64±0,27          | 6,37±1,62          | 7,86±2,41           | 6,33±1,52           | 6,04±1,41           |
| <b>Quimotripsina<sup>2</sup></b>  | 4717,74±27         | 4882,78±           | 4823,87±            | 4754,66±            | 4502,97±            |
|                                   | 3,69               | 1002,34            | 1583,53             | 847,21              | 52,29               |
| <b>Protease ácida<sup>3</sup></b> | 286,96±            | 297,14±            | 607,13±             | 336,23±             | 303,9±              |
|                                   | 51,23 <sup>b</sup> | 64,81 <sup>b</sup> | 373,45 <sup>a</sup> | 51,13 <sup>ab</sup> | 166,13 <sup>b</sup> |

Médias com letras diferentes, na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).  
<sup>1</sup>(umol/tame/min/mg prot); <sup>2</sup>(umol/btee/min/mg prot); <sup>3</sup>(µg tirosina/min/mg prot)

## 6.ARTIGO III

### ASPECTOS METABÓLICOS DE JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM CONCENTRADOS PROTEICOS DE FARELO DE GIRASSOL E CRAMBE<sup>2</sup>

**Resumo-** O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros de crescimento e metabólicos de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de crambe e girassol em diferentes proporções na dieta, como ingrediente complementar à fonte protéica de origem animal. Foram utilizados 300 jundiás criados em 15 unidades experimentais de 280L, constituindo cinco tratamentos com três repetições. Foram avaliados dois níveis (25 e 50%) de substituição da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe. Os concentrados proteicos dos farelos de crambe e girassol foram obtidos através da metodologia descrita por Smith et al. (1946) com modificações. Avaliaram-se parâmetros metabólicos em sangue e fígado dos peixes. Não houve diferença significativa para nenhum dos parâmetros sanguíneos analisados. Os animais que apresentaram maior estoque de glicogênio hepático foram os peixes da dieta CPF-25% (concentrado proteico de farelo de girassol 25%) e controle, respectivamente. A maior atividade da enzima transaminase glutamo-pirúvica (TGP) foi encontrada em fígado dos animais da dieta controle. Foi verificado aumento no teor de aminoácidos livres em fígados nos peixes que receberam a dieta CPF-25%. Conclui-se que o concentrado proteico de farelo de girassol mostrou-se mais eficiente metabolicamente do que o farelo de crambe, sendo mais bem aproveitado pelos peixes.

Palavras chave: *Rhamdia quelen*. Concentração protéica. Fontes vegetais alternativas. Nutrição de peixes.

---

<sup>2</sup> Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Bem Estar Animal – UFSM- PRPGP. Número do processo: 23081.004071/2011-95

## **METABOLIC ASPECTS OF JUNDIÁS (*Rhamdia quelen*) FED PROTEIN CONCENTRATES OF SUNFLOWER MEAL AND CRAMBE MEAL**

**Abstract-**The objective of this study was to evaluate growth and metabolic parameters of jundiás fed protein concentrates of sunflower meal and crambe meal in different proportions in the diet as protein source to supplement ingredient of animal origin. Were used 300 jundiás acclimated in 15 experimental units of 280L, representing five treatments with three replications. Were evaluated two levels (25 and 50%) replacement of the protein arising from the flour of meat and bone swine by protein concentrates of sunflower meal and crambe meal. The protein concentrates of sunflower and crambe meals were obtained using the methodology described by Smith et al (1946) with modifications. Were evaluated parameters metabolics parameters in blood and liver of fish. No significant differences for any of the blood parameters analyzed. The animals had higher liver glycogen stock were CPFG-25% (25% protein concentrate of sunflower meal) and control, respectively. The increased activity of the enzyme glutamic-pyruvic transaminases (SGPT) found in the liver of animals of the control diet. Increase in the concentration of free amino acids in liver in fish fed diet CPFG-25%. It was concluded that protein concentrate sunflower meal was metabolically more efficient than crambe meal and is best enjoyed by fish.

**Keywords:** *Rhamdia quelen*. Protein concentration. Alternative plant sources. Fish nutrition.

## INTRODUÇÃO

A formulação de alimentos para peixes tem como objetivo a obtenção de dietas altamente digestíveis, equilibradas nutricionalmente e, principalmente, economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis (WEBSTER e LIM., 2002). Devido a isso, há aumento na busca por novas fontes alimentares, principalmente em relação às fontes protéicas, que são as mais necessárias na nutrição de peixes (CABRAL et al., 2011).

As fontes protéicas de origem animal (farinhas de peixe e carne) ainda são as principais na alimentação de peixes (SANTIGOSA et al., 2011; TACON, 1995), devido ao seu alto valor nutritivo e equilíbrio de aminoácidos essenciais (GATLIN et al., 2007; LARSEN et al., 2012). Porém, o fornecimento desses ingredientes tende a ser minimizado devido à sazonalidade e elevado valor comercial, impulsionando a busca de fontes vegetais como ingredientes alternativos (NAYLOR et al., 2009; CABRAL et al., 2011; LARSEN et al., 2012).

A inserção de proteínas vegetais na aquicultura ainda é um desafio, uma vez que as informações sobre a biodisponibilidade de nutrientes são controversas (CABRAL et al., 2011), além de apresentarem restrições quanto a seu uso devido a baixa palatabilidade (GATLIN et al., 2007), desbalanço no perfil de aminoácidos (SANTIGOSA et al., 2008) e fatores antinutricionais intrínsecos (GATLIN et al., 2007; MÉRIDA et al., 2010). Pesquisas têm dedicado avaliação do uso de várias proteínas vegetais como ingredientes alternativos e sustentáveis para a substituição das fontes protéicas de origem animal (CABRAL et al., 2011; HARDY, 2010; TACON e METIAN, 2008; GATLIN et al., 2007).

Em relação às fontes protéicas a serem estudadas citam-se o farelo de girassol (*Helianthus annuus*) e o farelo de crambe (*Crambe abyssinica*). Trabalhos que utilizaram o farelo de girassol na alimentação de peixes, em diferentes proporções mostraram que os níveis de substituição podem ser em torno de 15% para diferentes espécies (OLVERA-NOVOA et al., 2002; LOZANO et al., 2007; MÉRIDA et al., 2010), sendo os fatores limitantes da inclusão, o baixo teor dos aminoácidos lisina e metionina, o alto teor de fibra e a presença de fatores antinutricionais e inibidores enzimáticos. Estudos sobre o farelo de crambe são escassos e não há definições concretas sobre seu uso na alimentação de peixes, porém este contém altos teores de ácido erúico bem como a presença de glucosinolatos (FUNDAÇÃO MS, 2010), fatores antinutricionais para peixes.

O uso de concentrados proteicos vegetais é uma alternativa promissora na alimentação de peixes, em relação ao uso de farelos vegetais *in natura* (DENG et al., 2006), já que é



possível a obtenção de fontes com baixos teores de fibra (LARSEN et al., 2012; OLVERA-NOVOA et al., 1997), livres de antinutrientes e com melhor perfil de aminoácidos, favorecendo a digestão dos ingredientes da dieta (SALZE et al., 2010).

Naylor et al. (2009) ressaltam que o aumento na produção de peixes onívoros é uma tendência já que adaptam-se melhor à fontes de origem vegetal. O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie nativa da região sul do Brasil, e informações no que diz respeito à sua nutrição ainda são escassas, em função disso muitos dados disponíveis na literatura estão relacionados às exigências nutricionais do *Ictalurus punctatus*, o bagre norte-americano (BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004).

Devido a seu hábito alimentar onívoro, o jundiá é uma das espécies que aceita dietas artificiais com fontes protéicas de origem vegetal. Dentre essas fontes, a mais utilizada é o farelo de soja (REFSTIE et al., 2010; COLDEBELLA e RADÜNZ NETO, 2002). Porém, estudos devem ser voltados para utilização de outras fontes protéicas vegetais, as quais são subutilizadas e consideradas co-produtos da cadeia do biodiesel.

Pesquisas na área de nutrição e metabolismo de peixes trazem respostas sobre um melhor aproveitamento dos alimentos nas dietas (MELO, 2004), além da possibilidade de elucidar as mudanças causadas no metabolismo através do uso de diferentes fontes alimentares (NAYLOR et al., 2009). Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar parâmetros de crescimento e metabólicos de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de crambe e girassol presentes em diferentes proporções na dieta, como ingrediente complementar à fonte protéica de origem animal.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Beneficiamento das matérias primas**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (altitude 95m, 29°43'S, 53°42'W), de fevereiro a abril de 2011.

Os concentrados proteicos dos farelos de crambe e girassol foram obtidos através da metodologia descrita por Smith et al. (1946). Os métodos de enriquecimento proteico passaram por quatro etapas distintas: 1) A dispersão (por trituração e agitação em meio aquoso). 2) O tratamento em meio básico, para solubilização das proteínas. 3) A extração propriamente dita, através do pH isoeletrico e também eliminação da fase líquida. 4) E a última etapa é a secagem do concentrado para retirada da umidade da amostra.

O farelo de girassol peletizado, com casca, foi obtido da empresa Giovelli Ltda, da filial de Cerro Largo, RS, esse farelo foi moído e posteriormente peneirado em granulômetro, com peneiras de 600 $\mu$ m, para retirada do excesso de fibra advinda da casca e melhora na quantidade de proteína bruta do farelo.

A torta de crambe (variedade FMS Brilhante) foi obtida da Fundação MS Para Pesquisas de Tecnologias Agropecuárias, Maracaju-MS. Foi desengordurada com hexano (2:1 v/p), para a obtenção do farelo de crambe, o qual foi utilizado para obtenção do concentrado proteico.

### **Ensaio biológico**

Foram utilizados 300 juvenis de jundiá com peso médio inicial de 14,59 $\pm$ 0,18g. (densidade de estocagem média inicial de 1,04g/L), criados em sistema de recirculação de água com regulagem de temperatura, composto por reservatório de fibra de vidro com capacidade para 2000 litros, dotado de dois aquecedores elétricos de 2000 Watts cada. O sistema continha ainda dois filtros biológicos de 1000 litros cada, com pedra britada. Os animais foram distribuídos em 15 unidades experimentais de 280 litros de volume útil, constituindo cinco tratamentos com três repetições cada. Os peixes passaram por período de adaptação de 10 dias, à dieta experimental, bem como ao circuito de recirculação antes do início do experimento. A água utilizada nos experimentos foi proveniente de poço artesiano.

### **Dietas utilizadas**

Foram testadas quatro dietas experimentais e uma dieta controle, para tal, avaliaram-se dois níveis de substituição parcial da proteína advinda da farinha de carne e ossos suína por concentrados proteicos de farelos girassol e crambe, nos níveis de 25 e 50% de substituição. A composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas está descrita na Tabela 1. As dietas experimentais estão descritas na Tabela 2.

As dietas foram formuladas para atender as exigências de 37% de Proteína Bruta, seguindo Meyer e Fracalossi (2004) com 3.200kcal ED kg<sup>-1</sup> e exigência em aminoácidos segundo Montes-Girao e Fracalossi (2006), sendo que Farinha de carne e ossos suína e concentrado proteico de soja (Incosoy60®) foram utilizados como base protéica da dieta controle.

As dietas foram isocalóricas e isoprotéicas. A composição bromatológica e aminoacídica das dietas está na Tabela 3.

Os ingredientes utilizados foram pesados e posteriormente misturados, manualmente, até completa homogeneização. Após, as dietas foram umedecidas, peletizadas (4 mm) em máquina de moer carne e secas em estufa com circulação de ar forçada a 45 °C.

Tabela 1- Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.

| Constituinte                                       | Composição analisada <sup>1</sup> (g 100g <sup>-1</sup> Matéria natural) |         |         |         |         |         |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | Milho  | FADE    | INCOSOY | CPFG    | CPFCr   | FCOS    |
| Umidade  | 10,45  | 10,9    | 6,5     | 5,82    | 3,53    | 4,65    |
| Matéria seca                                       | 89,55  | 89,10   | 93,5    | 94,18   | 96,47   | 93,35   |
| Proteína Bruta                                     | 8,44   | 18,27   | 64,12   | 51,36   | 50,42   | 60,25   |
| Matéria Mineral                                    | 1,32   | 13,95   | 6,01    | 6,94    | 6,13    | 17,04   |
| Lipídeos   | 3,36   | 1,17    | 0,39    | 6,28    | 12,3    | 20,12   |
| FDN  | 7,34   | 24,12   | 15,2    | 19,82   | 20,90   | -       |
| ED <sup>2</sup>                                    | 2534,57  | 1028,01 | 3293,49 | 3142,94 | 3604,44 | 4765,86 |
| Ca   | 0,008  | 0,22    | 0,38    | 0,04    | 0,07    | 6,61    |
| P  | 0,29   | 2,89    | 0,73    | 0,11    | 0,14    | 3,13    |
| Aminoácidos <sup>3</sup> (g 100g <sup>-1</sup> PB) |  |         |         |         |         |         |
| Lisina   | 0,22   | 1,04    | 4,07    | 1,74    | 2,57    | 3       |
| Meti + cis   | 0,3  | 0,652   | 2,28    | 1,89    | 2,02    | 1,25    |
| Treonina   | 0,25   | 0,83    | 2,62    | 1,64    | 2,47    | 1,75    |
| Triptofano   | 0,06   | -       | -       | -       | -       | 0,4     |
| Valina   | 0,34   | 1,13    | 3,28    | 2,61    | 2,9     | 2,22    |
| Isoleucina   | 0,21   | 0,605   | 2,77    | -       | -       | 1,63    |
| Leucina  | 0,81   | 1,26    | 4,68    | 3       | 3,45    | 3,16    |
| Fenilalanina                                       | 0,31   | 0,905   | 3,43    | 1,93    | 2,24    | 1,71    |
| Histidina  | 0,2  | 0,789   | 1,93    | 1,03    | 1,42    | 1,16    |
| Arginina   | 0,35   | 1,21    | 3,89    | 3,28    | 2,89    | 3,54    |

<sup>1</sup> Composição analisada no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (RS). FADE: Farelo de arroz desengordurado; INCOSOY: concentrado proteico de soja; CPFG: concentrado proteico de farelo de girassol; CPFCr: concentrado proteico de farelo de crame; FCOS: farinha de carne e ossos suína. MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; ED: energia digestível; Ca: cálcio; P: fósforo.

<sup>2</sup>Calculada : Energia digestível= [(PB\*5,65 \*0,85)+(EE\*9,4\*0,9)+(CSDN\*4,15\*0,7)] (ajustada de acordo com Meyer et al., 2004).

<sup>3</sup>Analizados no Laboratório de Análises Micotoxicológicas – LAMIC- CCR/UFSM.

Tabela 2- Formulação das dietas experimentais de juvenis de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| INGREDIENTES                    | TRATAMENTOS (%)       |                       |                        |                       |                        |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                 | Controle <sup>1</sup> | CPFG-50% <sup>2</sup> | CPFCr-50% <sup>3</sup> | CPFG-25% <sup>4</sup> | CPFCr-25% <sup>5</sup> |
| Milho                           | 19,5                  | 17,77                 | 20                     | 23                    | 22                     |
| Amido de milho                  | 2,4                   | 6,7                   | 1,5                    | 3                     | 1,65                   |
| FADE <sup>6</sup>               | 3,7                   | 3                     | 4,5                    | 6                     | 6,5                    |
| Incosoy 60® <sup>7</sup>        | 26                    | 26,09                 | 25,77                  | 25                    | 25                     |
| CPFG <sup>6</sup>               | -                     | 17,6                  | -                      | 8,8                   | -                      |
| CPFCr <sup>7</sup>              | -                     | -                     | 17,93                  | -                     | 8,97                   |
| FCOS <sup>8</sup>               | 30                    | 14,99                 | 14,99                  | 22,49                 | 22,49                  |
| Óleo de soja                    | 3,5                   | 10,64                 | 4,5                    | 6,5                   | 3,5                    |
| Premix vitam./min. <sup>9</sup> | 3                     | 3                     | 3                      | 3                     | 3                      |
| Fosfato bicálcico               | 3,64                  | 0                     | 0,4                    | 0                     | 0,25                   |
| Glutamato monos.                | 0,25                  | 0,2                   | 0,25                   | 0,2                   | 0,25                   |
| BHT <sup>10</sup>               | 0,01                  | 0,01                  | 0,01                   | 0,01                  | 0,01                   |
| Calcário calcítico              | 2,2                   | 0                     | 1,8                    | 1,5                   | 2                      |
| Inerte                          | 5,8                   | 0                     | 5,35                   | 0,5                   | 4,38                   |
| L-lisina                        | -                     | -                     | 0,08                   | -                     | -                      |
| DL-metionina                    | 0,32                  | 0,25                  | 0,23                   | 0,17                  | 0,51                   |

<sup>1</sup>Controle: farinha de carne e ossos suína + concentrado proteico de soja 60% (INCOSOY60®),

<sup>2</sup>concentrado proteico de farelo de girassol 50%: concentrado proteico de farelo de girassol, substituindo 50% da proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>3</sup>concentrado proteico de crambe 50%: concentrado proteico de farelo de crambe, substituindo 50% da proteína da farinha de carne e ossos suína.

<sup>4</sup>concentrado proteico de farelo de girassol 25%: concentrado proteico de farelo de girassol, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>5</sup>concentrado proteico de farelo de crambe 25%: concentrado proteico de farelo de crambe, substituindo 25% da proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>6</sup>Farelo de Arroz Desengordurado; <sup>7</sup>concentrado proteico de soja 60%PB; <sup>8</sup>Farinha de carne e ossos suína; <sup>9</sup>premix vitamínico e mineral-composição(por kg de produto/ Migfish 1%): Ác. Fólico: 299,88 mg, Ác. Ascórbico: 15.000,12 mg, Ác. Pantotênico: 3.000,10 mg, Biotina: 0,06 mg, Niacina (B3): 9.000,32 mg, Colina (B4): 103.500,00 mg, Vit.A: 1.000.000,00 UI, Vit. B1: 1.500,38 mg, Vit. B2: 1.500,0 mg, Vit. B6: 1.500,38mg, Vit. D3: 240.000,00 UI, Vit. E: 10.000,00mg, Vit. K3: 400,00 mg, Inositol: 9.999,92 mg, Ferro: 6.416,80mg, Manganês: 8.000,40mg, Cobre: 1.000,00mg, Zinco: 13.999,50mg, Iodo: 45,36mg, Cobalto: 60,06mg, Selênio: 60,30 mg, Magnésio: 5,10mg, Cloro: 2,30%, Enxofre:0,01%.

<sup>10</sup>Butil hidróxi tolueno (BHT).

Tabela 3- Composição bromatológica e de aminoácidos calculados<sup>6</sup> das dietas experimentais de juvenis de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| COMPONENTES                           | TRATAMENTOS (%)       |                       |                        |                       |                        |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                       | Controle <sup>1</sup> | CPFG-50% <sup>2</sup> | CPFCr-50% <sup>3</sup> | CPFG-25% <sup>4</sup> | CPFCr-25% <sup>5</sup> |
| <b>Matéria seca</b>                   | 95,55                 | 97,06                 | 96,16                  | 94,88                 | 94,82                  |
| <b>Proteína bruta</b>                 | 37,07                 | 36,85                 | 37,11                  | 37,14                 | 37,15                  |
| <b>Lisina</b>                         | 2,04                  | 1,89                  | 1,67                   | 2,04                  | 2,04                   |
| <b>Metionina+ Cistina</b>             | 1,37                  | 1,37                  | 1,37                   | 1,37                  | 1,37                   |
| <b>Treonina</b>                       | 1,28                  | 1,02                  | 1,02                   | 1,30                  | 1,38                   |
| <b>Triptofano</b>                     | 0,13                  | 0,07                  | 0,07                   | 0,18                  | 0,10                   |
| <b>Valina</b>                         | 1,63                  | 1,28                  | 1,30                   | 1,69                  | 1,73                   |
| <b>Isoleucina</b>                     | 1,27                  | 1,02                  | 1,03                   | 1,46                  | 1,14                   |
| <b>Leucina</b>                        | 2,37                  | 1,88                  | 1,90                   | 2,65                  | 2,45                   |
| <b>Fenilalanina+tirosina</b>          | 1,48                  | 1,23                  | 1,24                   | 1,77                  | 1,57                   |
| <b>Histidina</b>                      | 0,92                  | 0,74                  | 0,75                   | 1,11                  | 0,97                   |
| <b>Arginina</b>                       | 2,19                  | 1,64                  | 1,66                   | 2,72                  | 2,18                   |
| <b>Matéria Mineral</b>                | 4,28                  | 3,49                  | 4,65                   | 4,50                  | 4,78                   |
| <b>Cálcio</b>                         | 3,78                  | 1,10                  | 1,86                   | 2,14                  | 2,39                   |
| <b>Fósforo</b>                        | 1,99                  | 1,15                  | 1,22                   | 0,82                  | 0,97                   |
| <b>FDN<sup>7</sup></b>                | 6,28                  | 9,48                  | 10,22                  | 8,68                  | 8,86                   |
| <b>Extrato etéreo</b>                 | 10,32                 | 15,45                 | 10,53                  | 12,49                 | 10,03                  |
| <b>Energia digestível<sup>8</sup></b> | 3202                  | 3201                  | 3201                   | 3202                  | 3201                   |

<sup>1</sup>Controle: Farinha de carne e ossos suína + concentrado Proteico de soja 60% (INCOSOY60®), <sup>2</sup>Concentrado Proteico de girassol 50%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína; <sup>3</sup>Concentrado Proteico de Crambe 50%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 50% da Proteína da farinha de carne e ossos suína. <sup>4</sup>Concentrado Proteico de girassol 25%: Concentrado proteico de girassol, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína;

<sup>5</sup>Concentrado Proteico de crambe 25%: Concentrado proteico de crambe, substituindo 25% da Proteína da farinha de carne e ossos suína. <sup>6</sup>Ingredientes analisados no laboratório de Análises Micotoxológicas (LAMIC – CCR/UFMS), Santa Maria, RS; valores calculados para as dietas. <sup>7</sup> Fibra em detergente neutro; <sup>8</sup>Calculada: Energia digestível= [(PB\*5,65 \*0,85) + (EE\*9,4\*0,9) + (CSDN\*4,15\*0,7)] (ajustada de acordo com Meyer et al., 2004)

Os animais foram arraçoados três vezes ao dia, as 9, 13 e 17 horas, até saciedade aparente dos peixes, sendo que a limpeza (sifonagem) das caixas foram realizadas as 8 e 16 horas.

### **Qualidade da água**

Para o controle de qualidade da água, foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia total, nitrito, alcalinidade total e dureza total. A temperatura foi controlada diariamente, pela manhã e pela tarde (as 8h e 17h) sendo que os outros parâmetros foram analisados duas vezes por semana. Para tal, a água destinada às análises foi retirada na entrada do filtro biológico antes da primeira limpeza do dia. Para a medição da temperatura, foi utilizado termômetro com bulbo de mercúrio. A análise de oxigênio dissolvido foi feita com oxímetro digital YSI550A, e as demais análises realizadas por kit colorimétrico da marca Alfakit®.

### **Análises realizadas**

Os peixes foram pesados e medidos, utilizando-se uma balança digital com duas casas decimais e um paquímetro digital marca Worker®. Foram tomadas medidas de peso e comprimento no período inicial experimental e ao final do experimento (sete semanas). Os peixes, antes de qualquer coleta de dados, eram submetidos a 24 horas de jejum, anestesiados com Eugenol 20 mg/L de água (CUNHA et al., 2010) e abatidos através de punção cervical .

As biometrias foram realizadas a cada quatro semanas experimentais e biomassa, para avaliar crescimento dos animais, a cada duas semanas. Avaliaram-se os seguintes parâmetros de crescimento: Peso Final (PF): peso final obtido ao final de cada período, em gramas; Conversão Alimentar Aparente CAA =  $(ACt)/(biomassa\ final - biomassa\ inicial)$ ; Ganho em Peso Diário (g):  $GPD = (peso\ final - peso\ inicial)/dias$ ; Sobrevivência dos animais (%): percentagem de sobreviventes em relação ao número inicial de peixes em cada tratamento;

Onde:  $ACt$ = alimento consumido total;  $ln$ = logaritmo neperiano.

Os *parâmetros metabólicos* avaliados em fígado, de acordo com as metodologias citadas, foram: Glicose (PARK e JOHNSON, 1949); Glicogênio (KRISMAN et al., 1962); Proteínas totais (LOWRY et al., 1951); Aminoácidos livres (SPIES., 1957), amônia (VERDOUW et al., 1978) e transaminase glutamo-pirúvica utilizando kit comercial Doles ®. Foi realizada coleta de sangue para avaliar os parâmetros metabólicos circulantes: glicose, proteínas totais circulantes, triglicerídeos, colesterol total e albumina, utilizando kits comerciais da marca Doles ®.

### **Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância, utilizando software *SPSS 8.0*.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os parâmetros químicos e físicos da água mantiveram-se na faixa aceitável para espécies de peixes de água temperada (ARANA, 2004; BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004) (Tabela 4).

Tabela 4- Valores médios dos parâmetros de qualidade da água de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| <b>Parâmetros de qualidade da água</b> | <b>Média ± desvio padrão</b>                        |
|--|---|
| Oxigênio dissolvido                    | 6,72 ± 0,44 ppm                                     |
| Temperatura                            | 24,86 ± 1,51 °C                                     |
| Amônia Total                           | 0,15 ± 0,06 ppm                                     |
| Nitrito                                | 0,16 ± 0,11 ppm                                     |
| pH                                     | 7,28 ± 0,25   |
| Alcalinidade                           | 48,77 ± 13,70 mg. CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> |
| Dureza                                 | 56,38 ± 34,62 mg. CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> |

Os juvenis de jundiá, ao final do período experimental, não apresentaram diferença estatística (Figura 1) para peso final (PF). A melhor conversão alimentar aparente (CAA) foi encontrada nos tratamentos Controle e CPF-25% (Figura 2), o que pode estar relacionado à melhor qualidade proteica das dietas. Além disso, os valores encontrados de CAA são semelhantes a outros estudos (PIEDRAS et al., 2004; GRAEFF et al., 2007; FREITAS et al., 2011).

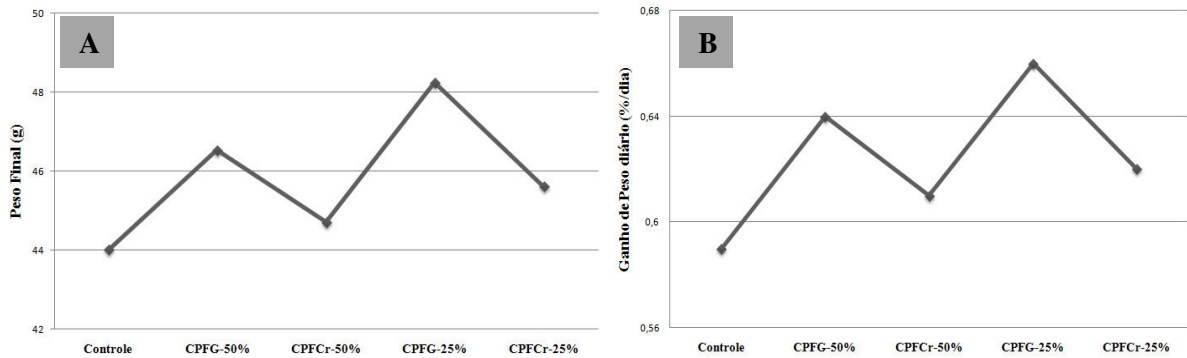


Figura 1- Peso final (A) e ganho de peso diário (B) de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

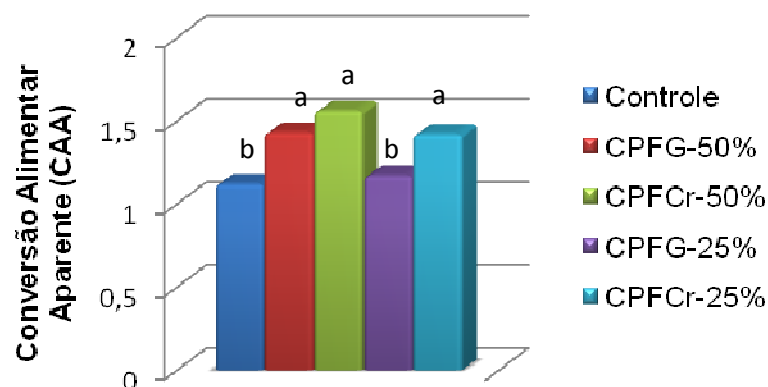


Figura 2- Conversão Alimentar Aparente (CAA) de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta. Médias com letra diferente diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Borges et al. (2004) estudaram parâmetros de referência de análises sanguíneas em jundiá, os quais foram semelhantes aos encontrados no presente estudo (Tabela 6), não sendo observadas diferenças entre os tratamentos testados. Este fato demonstra que os níveis séricos não foram alterados pela utilização dos concentrados proteicos vegetais na alimentação dos juvenis de jundiá.



Os níveis de proteínas totais circulantes não se diferenciaram entre os tratamentos. A manutenção de níveis normais de proteína totais circulantes é indicativo de catabolismo proteico, que a proteína ofertada na dieta está sendo utilizada e metabolizada, pois quando os níveis de proteína no sangue estão reduzidos, há comprometimento da síntese protéica no fígado (MARKS et al, 2007).

Verifica-se que os níveis de albumina (Tabela 6) foram numericamente maiores nos peixes alimentados com a dieta CPFV-25%. A albumina sérica serve como indicador da qualidade protéica da dieta (LEHNINGER et al., 2004) e os resultados podem sugerir que os concentrados proteicos vegetais forneceram a proteína necessária ao desenvolvimento dos animais, e que o CPFV-25% destacou-se em relação ao tratamento controle.

Tabela 5- Parâmetros plasmáticos de juvenis de jundiá alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta.

| PARÂMETRO                     | TRATAMENTOS   |               |               |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                               | Controle      | CPFV-50%      | CPFV-50%      | CPFV-25%      | CPFV-25%      |
| <b>Glicose</b><br>(mg/dL)     | 50,12±6,38    | 49,40±7,93    | 52,67±8,00    | 56,10±11,52   | 47,26±9,61    |
| <b>Proteínas totais</b> (g/L) | 4,13±0,58     | 3,96±0,29     | 4,03±0,68     | 4,20±0,47     | 4,34±0,36     |
| <b>Albumina</b> (g/L)         | 0,82±0,18     | 0,79±0,21     | 0,74±0,12     | 0,86±0,11     | 0,67±0,21     |
| <b>Colesterol</b> (mg/dL)     | 130,71±8,58   | 152,39±26,12  | 122,11±20,20  | 139,52±24,36  | 119,72±32,19  |
| <b>Triglicerídes</b> (mg/dL)  | 703,19±260,82 | 694,08±312,29 | 610,25±131,05 | 730,14±149,63 | 580,63±184,42 |

O estudo do metabolismo em fígado de peixes torna-se crucial para elucidar e compreender a adaptação dos jundiás a dietas com fontes proteicas diferenciadas. Uma vez que a utilização de fontes protéicas vegetais tende a aumentar, de forma linear na alimentação de peixes onívoros (NAYLOR et al., 2009; KAUSHIK et al., 2006).

O fígado utiliza os aminoácidos contidos na proteína dietética para a síntese de proteínas séricas, bem como, para suas próprias proteínas, além da utilização para biossíntese dos compostos nitrogenados (LARSEN et al., 2012; MARKS et al., 2007; BOMBARDELLI

et al., 2003) sendo provável que a fonte protéica alimentar afeta diretamente o metabolismo proteico/aminoacídico endógeno (LARSEN et al., 2012).

Os animais que apresentaram maior estoque de glicogênio hepático ( $p < 0,05$ ) foram os peixes da dieta CPFG-25% e controle, respectivamente (Figura 3-A), valores estes condizentes com estudos realizados em peixes onívoros (NAVARRO et al., 2010; CYRINO et al., 2000). Bombardelli et al. (2003) demonstram que os peixes, quando em situação de jejum, mobilizam primeiramente o estoque proteico e *pool* de aminoácidos circulantes antes de mobilizarem glicogênio hepático, sugerindo que a utilização do estoque de glicogênio é realizada quando os animais estão subalimentados ou quando as proteínas da dieta não estão sendo catabolisadas corretamente. Isso pode ter ocorrido nos peixes que receberam as dietas que continham Concentrados Proteicos de Farelo de Crambe (CPFcr-25 e 50%). Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos índices de glicose hepática (Figura 3-B) e circulantes (Tabela 6) entre os animais submetidos aos distintos tratamentos. Em fígado de peixes a glicose é produzida através da gliconeogênese, para suas próprias necessidades e para a manutenção da glicose circulante (NRC, 2011).

A maior atividade ( $p < 0,05$ ) da enzima transaminase glutamo-pirúvica (TGP) encontrada em fígado dos animais da dieta controle (Figura 3-C) sugerem maior catabolismo proteico e, conseqüentemente, maior atividade gliconeogênica (METÓN et al, 1999; SANCHES-MURÓS et al., 1998). Contudo, o menor aproveitamento de aminoácidos no fígado também é capaz de aumentar a atividade desta enzima no fígado, ou ainda que quando há um excesso de aminoácidos na dieta, haverá aumento da atividade de transaminases pelo fígado, ocorrendo desaminação com subseqüente aproveitamento dos esqueletos carbonados para síntese de gordura tecidual (BOMBARDELLI et al., 2003 e MELO, 2004), o que não é desejável na criação de peixes, onde busca-se maior produção de músculo.

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos níveis de amônia hepática nas dietas testadas (Figura 3-D). Larsen et al. (2012) utilizando fontes protéicas de origem vegetal, encontraram níveis de amônia maiores para *Oncorhynchus mykiss*, sugerindo utilização menos eficiente de proteínas dietéticas. Trabalhos também evidenciaram que a excreção de amônia é elevada em peixes alimentados com dietas contendo fontes protéicas de origem vegetal (LARSEN et al., 2012; KAUSHIK et al., 2004 e LUND et al., 2011). No entanto, esta tendência não foi evidenciada no presente trabalho, sugerindo que os concentrados proteicos utilizados nas formulações apresentaram elevado valor nutricional.

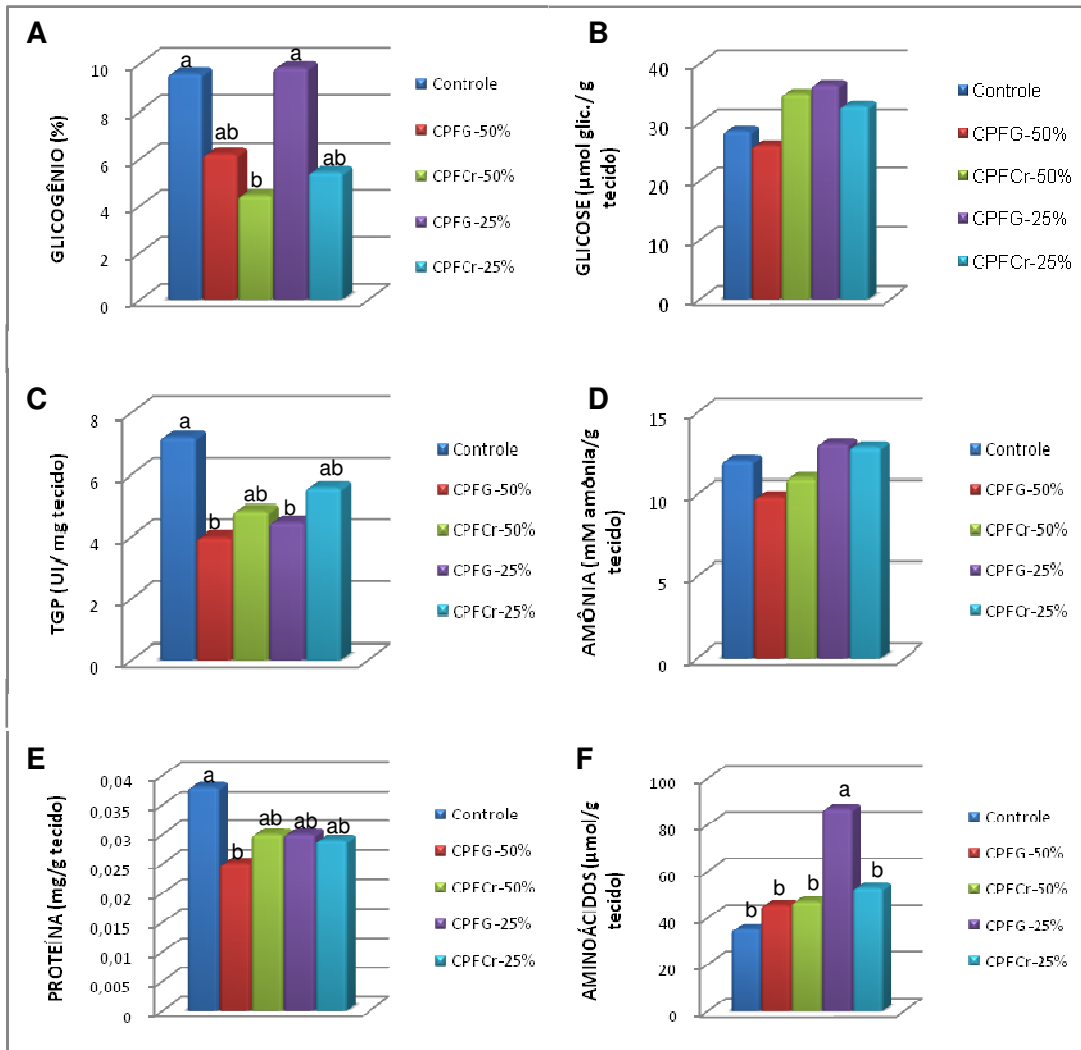


Figura 3- Parâmetros metabólicos em fígado de juvenis de jundiás alimentados com concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em diferentes proporções na dieta. A- glicogênio, B- glicose, C-Transaminase glutamopirúvica (TGP), D-Amônia, E- Proteína, F- Aminoácidos livres. Médias com letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Maior produção de proteína hepática (Figura 3-E) foi verificada nos peixes da dieta controle ( $p < 0,05$ ), e a menor produção nos animais que receberam a dieta CPFG-50%. Estes valores relatam o catabolismo proteico, mostrado pela maior atividade da enzima TGP no tratamento controle.

Foi verificado aumento no teor de aminoácidos livres nos fígados dos peixes que receberam a dieta CPF-25% (Figura 3-F). Vieira et al. (2005) relataram que o aumento no teor de aminoácidos livres no fígado está relacionado com a maior síntese de proteína da dieta. Em peixes é sabido que os níveis de aminoácidos teciduais são afetados tanto pela quantidade, quanto pela qualidade da proteína da dieta (YAMAMOTO et al., 2000). Yamamoto et al. (2000) encontram alta correlação entre a proteína e aminoácidos contidos na dieta, com os contidos nos tecidos (sangue, fígado e músculo).

## CONCLUSÕES

O concentrado proteico de farelo de girassol mostrou-se mais eficiente metabolicamente do que o farelo de crumbe, sendo mais bem aproveitado pelos peixes. Os animais que receberam a dieta CPF-25% apresentaram a melhor eficiência de uso metabólico dos ingredientes.

Os concentrados proteicos são uma alternativa promissora ao uso das fontes protéicas de origem vegetal, já que são minimizados os fatores antinutricionais, fibras e carboidratos, além de apresentarem elevado teor de aminoácidos totais, tornando assim sua utilização competitiva às fontes de origem animal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura:** uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: UFSC, 2004, 231p.

BALDISSEROTTO B.; RADÚNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**, Editora UFSM, 2004, 232p.

BOMBARDELLI, R.A.; MEURER, F.; SYPPERRECK, M.A. Metabolismo proteico em peixes. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.**, Unipar, v.7, n.1, p.69-79, 2003.

BORGES, A. et al. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.30, p. 21–25, 2004.

CABRAL, E.M. et al. Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles, **Aquaculture**, v. 322-323, p.74–81, 2011.

COLDEBELLA, I.J.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.32, n.3, p.499-503, 2002.

CUNHA, M.A. et al. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analyses of fillet. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2107-2114, 2010.

CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; MARTINO, R.C.; Retenção de proteína e energia em juvenis de “black bass” *Micropterus salmoides*, **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.609-616, out./dez. 2000.

DENG, J. et al. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, **Aquaculture**, v.258, p.503–513, 2006.

FREITAS, J.M.A. et al. Proteína e energia na dieta de jundiás criados em tanques-rede. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.12, p.2628-2633, 2011.

FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção do Crambe 2010**, Maracaju: Fundação MS, 60 p.: il., 2010.

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

GRAEFF, A. et al. Avaliação do potencial nutritivo da Macrófita aquática *Lemna minor*, por meio de análise da composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) na fase de recria. **Evidência, Joaçaba**, v.7, n.1, p.37-50, 2007.

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

KAUSHIK, S. J. et al. Fatty acid profiles of wild brown trout and Atlantic salmon juveniles in the Nivelles basin. **J. Fish Biol.** v.68, p.1376–1387, 2006.

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

KRISMAN, C. R. A method for the colorimetric estimation of glycogen with iodine. **Analytical Biochemistry**, v.4, p.17-23,1962.

LARSEN, B.K.; DALSGAARD, J.; PEDERSEN, P.B.; Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Aquaculture**, v.326–329, p. 90–98, 2012.

LEHNINGER A.L.; NELSON D.L.; COX M.M. **Principles of Biochemistry**, Fourth Edition Nova Iorque: W. H. Freeman, 2004, 1119p.

LOWRY, O.H. et al. Protein measurement with Folin-phenol reagent. **Journal Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.

LOZANO, N.B.S. et al. Growth and economic profit of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed sunflower meal, **Aquaculture**, v.272, p.528–534, 2007.

LUND, I. et al. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, **Aquaculture**, v. 321, p.259–266, 2011.

MARKS, A.D.; SMITH, C.; LIEBERMAN, M.; **Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach**, 2nd Edition Colleen, 2007, 920p.

MELO, J.F.B. **Digestão e metabolismo do jundiá *Rhamdia quelen*, submetido a diferentes regimes alimentares**. 2004. 95f. Tese (doutorado em ciências fisiológicas), José Fernando Bibiano Melo. Universidade Federal de São Carlos UFSCar, São Carlos, 2004.

MÉRIDA, S.N.; VIDAL, A.T.; LLORENS, S.M.; CERDÁ, M.J. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology, **Aquaculture**, v.298. p.275–281, 2010.

METÓN, I. et al. Effect of diet composition and ration size on key enzyme activities of glycolysis–gluconeogenesis, the pentose phosphate pathway and amino acid metabolism in liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), **British Journal of Nutrition**, v.82, p.223–232,1999.

MEYER, G. et al. A importância da quantidade de energia na ração de peixes. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 83, p. 53-57, maio/jun.2004.

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

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

NRC, National Research Council, **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Committee on Animal Nutrition, National Academy Press, Washington, D.C., 2011, 392p.

NAVARRO, R.D. et al. Desempenho de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada com vitamina C, **Arch. Zootec.** v.59, n.228, p.589-596, 2010.

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

OLVERA-NOVOA, M.A. et al. Cowpea (*Vigna unguiculata*), protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, **Aquaculture**, v.158, p.107–116, 1997.

\_\_\_\_\_. OLIVERA- CASTILLO, L.; MÁRTINEZ-PALACIOS, C.A. Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulanger, 1896) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.33, n.3, p.223-229, 2002.

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

PIEDRAS, S.R.N.; MORAES, P.R.R; POUHEY, J.L.O.F. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. **Instituto de Pesca** v. 30, n. 2, p. 177 - 182, 2004.

REFSTIE, S. et al. Effects of dietary yeast cell wall  $\beta$ -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal, **Aquaculture**, v.305, p.109–116, 2010.

SALZE, G. et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* **Aquaculture**, v.298, p.294–299, 2010.

SANCHES-MURÓS, M.J. et al. Long-term nutritional effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout. Adaptive response to starvation and a high-protein, carbohydrate-free diet on glutamate dehydrogenase and alanine aminotransferase kinetics. **Biochem. Cell. Biol.** V.30, p.55– 63, 1998.

SANTIGOSA, E. et al. Modifications of intestinal nutrient absorption in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources in sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*), **Aquaculture**, v.317, p.146-154, 2011.

\_\_\_\_\_. SANCHÉS, J. et al. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources, **Aquaculture**, v.282, p.68–74, 2008.

SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.38, p. 353- 356, 1946.

SPIES, J.R. Colorimetric procedures for amino acids. **Methanol Enzymol.** V.3, p.467– 477, 1957.

TACON, A.G.J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146– 158, 2008.

\_\_\_\_\_. PHILLIPS, M.J.; BARG, U.C. Aquaculture feeds and the environment: The Asian experience, Original, Research Article: **Water Science and Technology**, v. 31, n. 10, p. 41-59, 195.

VERDOUW, H.; VANECHTELD, C.J.A.; DECKKERS, E.M.J. Ammonia determinations based on indophenol formation with sodium salicylate. **Water Research**, v.12, p.399-402, 1978.

VIEIRA, V.P.; INOUEB, L.A.K.; MORAES, G. Metabolic responses of matrinxâ (*Brycon cephalus*) to dietary protein level, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A v.140, p.337– 342, 2005.

WEBSTER, C.D.; LIM, C.E. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture, **CABI Publication**, New York, ISBN: 0851995195, p. 81-98, 2002.



YAMAMOTO, T.; UNUMA, T.; AKIYAMA, T. The influence of dietary protein and fat levels on tissue free amino acid levels of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 180, p.353– 372, 2000.

## 7. DISCUSSÃO GERAL

A concentração protéica através do pH isoelétrico mostrou-se mais eficiente e com maior rendimento devido as características dos aminoácidos dos farelos vegetais em questão, sendo que a maioria dos aminoácidos possui pH isoelétrico entre 5,0 – 7,0 (LEHNINGER et al., 2004), possibilitando assim uma melhor concentração protéica.

No farelo de crambe, a concentração protéica elevou os teores de lisina e metionina em 1,5 e 2,22 vezes, respectivamente (Artigo I, Tabela 3). No concentrado proteico de girassol o aumento destes aminoácidos foi de 1,42 e 2,87 vezes respectivamente. A elevação nos teores destes dois aminoácidos, considerados os mais limitantes para animais monogástricos (HALVEY e HARDY, 2002) em fontes protéicas, demonstra que a técnica utilizada é eficiente não só na concentração quantitativa, mas também para melhorar a qualidade protéica das fontes utilizadas neste estudo.

A elevação no teor de proteína bruta, proporcionou melhora qualitativa no teor de aminoácidos dos concentrados proteicos em relação à seus farelos, além dos resultados encontrados na Capacidade de Retenção de Água (CRA) e Capacidade de Ligação à Gordura (CLG) (Artigo I, Figura 2), têm ligação com a composição em aminoácidos e grupamentos dos mesmos nas moléculas protéicas (LEHNINGER et al., 2004). Bem como a redução de compostos fenólicos totais (Artigo I, Figura 4), em sua maioria inibidores de funções enzimáticas demonstram que a concentração protéica através do pH isoelétrico das proteínas mostrou-se muito prática e eficiente, proporcionando melhoras significativas nos farelos de crambe e girassol, os quais, normalmente são produtos subutilizados.

Em relação à utilização dos concentrados proteicos na alimentação de peixes, ao final do período experimental não houve diferença estatística para peso (Artigo II, Figura 1) e comprimento padrão, porém os peixes da dieta CPFCr-25% apresentaram maior comprimento total, seguidos dos animais das dietas CPFG-25%, Controle, CPFG50% e CPFCr-50%, respectivamente.

A conversão alimentar aparente (CAA) foi maior nas dietas Controle e CPFG-25%, em relação às outras dietas experimentais ( $P < 0,05$ ) (Artigo III, Figura 2) indicando melhor aproveitamento dessas duas dietas. A CAA encontrada neste experimento foi satisfatória para todas as dietas testadas, quando se referencia as conversões encontradas em outros estudos (PIEDRAS et al., 2004; GRAEFF et al., 2007; FREITAS et al., 2011), além disso, o fato de a melhor CAA ter sido encontrada nas dietas Controle e CPFG-25% está relacionado com uma possível melhor qualidade protéica e aproveitamento dessas dietas.. Na composição

centesimal do peixe inteiro (Artigo II, Tabela 5) não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) no teor de matéria seca, proteína e proteína bruta total depositada (PBTD). Observou-se maior teor de matéria mineral nas dietas Controle e CPF Cr-50%, que tem relação com a teor de matéria mineral dessas dietas. Maiores teores de lipídeos e de gordura total depositada (GTD) foram encontrados na dieta CPF G-50%, esse comportamento pode ter ocorrido devido à maior quantidade de gordura da dieta em questão.

Para rendimento de carcaça (RC), Índice Digestivo somático (IDS), Índice Hepato somático (IHS) e Quociente Intestinal (QI) (Artigo II, Tabela 6) não houve diferença estatística significativa entre as dietas experimentais, demonstrando que não houve alterações morfológicas em relação às dietas testadas, além de ser indicativo de adaptação do trato gastrintestinal ao tipo de alimento ingerido (PEDRON, 2006).

Nas dietas testadas houve um aumento na atividade da protease ácida (Artigo II, Tabela 7) em estômago dos animais da dieta CPF Cr-50%. O aumento na atividade da protease ácida em estômago não alterou os parâmetros de crescimento e de índices digestivos, já que esta enzima não é responsável pela absorção de peptídeos, mas sim pela quebra dos mesmos.

Não houve diferença significativa para nenhum dos parâmetros sanguíneos analisados (Artigo III, tabela 6). Mostrando que os níveis séricos não foram alterados pela utilização dos concentrados proteicos vegetais na alimentação de jundiás. Os níveis de proteínas totais circulantes não se diferenciaram para nenhum dos tratamentos. A manutenção de níveis normais de proteína totais circulantes é um indicativo de catabolismo proteico e que a proteína ofertada na dieta está sendo utilizada e metabolizada, pois quando os níveis de proteína no sangue estão reduzidos, há um comprometimento da síntese protéica no fígado (MARKS et al., 2007).

Podemos perceber ainda, que os níveis de albumina mostraram-se maiores nos peixes alimentados com a dieta CPF G-25%. A albumina sérica serve como indicador da qualidade protéica da dieta (LEHNINGER et al., 2004) e os resultados encontrados neste trabalho podem sugerir que os concentrados proteicos vegetais forneceram a proteína necessária ao desenvolvimento dos animais, e que o CPF G-25% destacou-se até mesmo em relação ao tratamento controle.

Os animais que apresentaram maior estoque de glicogênio hepático ( $p < 0,05$ ) foram os peixes da dieta CPF G-25% e controle, respectivamente (Artigo III, Figura 3-A), valores estes condizentes com estudos realizados em peixes onívoros (CYRINO et al., 2000; NAVARRO et al., 2010). BOMBARDELLI et al., 2003, demonstram que os peixes, quando em situação de jejum, mobilizam primeiramente o estoque proteico e *pool* de aminoácidos, antes de

mobilizarem glicogênio hepático, podendo assim sugerir que a utilização do estoque de glicogênio é realizado, quando os animais estão subalimentados ou quando as proteínas da dieta não estão sendo catabolisadas corretamente. Esse comportamento pode ter ocorrido nos peixes que receberam as dietas que continham Concentrados Proteicos de Farelo de Crambe (CPFCr-25 e 50%).

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos índices de glicose hepática (Artigo III, Figura 3-B). Em peixes o fígado produz glicose, através da gliconeogênese, para suas próprias necessidades e para a manutenção da glicose circulante (NRC, 2011).

A maior atividade ( $p < 0,05$ ) da enzima transaminase glutamo-pirúvica (TGP) encontrada em fígado dos animais da dieta controle (Artigo III, Figura 3-C) sugerem maior catabolismo proteico e conseqüentemente maior atividade gliconeogênica (METÓN et al., 1999; SANCHES-MURÓS et al., 1998), contudo, um menor aproveitamento de aminoácidos no fígado também é capaz de aumentar a atividade desta enzima no fígado.

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos níveis de amônia hepática nas dietas testadas (Artigo III, Figura 3-D). Larsen et al. (2012) utilizando fontes protéicas de origem vegetal, encontrou níveis de amônia maiores para *Oncorhynchus mykiss*, sugerindo utilização menos eficiente de proteínas dietéticas. Vários estudos mostram que a excreção de amônia é elevada em peixes alimentados com dietas que utilizam proteínas de origem vegetal, normalmente farelos (LARSEN et al., 2012; KAUSHIK et al., 2004 e LUND et al., 2011). Contudo podemos observar que esta tendência encontrada por diversos autores não ocorreu, a qual provavelmente pode ser atribuída à eficácia da utilização dos concentrados proteicos testados neste trabalho.

Maior produção de proteína hepática (Artigo III, Figura 3-E) foi verificada nos peixes da dieta controle ( $p < 0,05$ ), e a menor produção nos animais que receberam a dieta CPFG-50%. Estes valores relatam o catabolismo proteico, mostrado pela maior atividade da enzima TGP na dieta controle, bem como podem ser relacionados com os teores de proteínas totais circulantes e de albumina em plasma.

Foi verificado aumento no teor de aminoácidos livres nos fígados dos peixes que receberam a dieta CPFG-25% (Figura 3-F). Vieira et al. (2005) relataram que o aumento no teor de aminoácidos livres no fígado está relacionado com a maior síntese de proteína da dieta. Em peixes é sabido que os níveis de aminoácidos teciduais são afetados tanto pela quantidade, quanto pela qualidade da proteína da dieta (YAMAMOTO et al., 2000). Yamamoto et al. (2000) encontram alta correlação entre a proteína e aminoácidos contidos na dieta, com os contidos nos tecidos (sangue, fígado e músculo). Além disso, os teores de

albumina sérica, apesar de não haver diferenças estatísticas foram maiores nos animais da dieta CPFG-25%, uma vez que a albumina é um indicativo de qualidade de proteína na dieta, confirmando os resultados encontrados pelos maiores níveis de aminoácidos livres em fígado, para os animais que receberam esta dieta.

## 8. CONCLUSÕES

- A utilização dos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe, para ambos percentuais de substituição (25 e 50%) à proteína de origem animal, não afeta o crescimento e ganho de peso dos peixes;

- Não houve alterações na composição centesimal, nem mesmo nos índices digestivos dos peixes, em todas as dietas testadas. Além disso, não foi verificada alteração na atividade das enzimas digestivas tripsina e quimotripsina, sugerindo assim, uma diminuição no teor de inibidores enzimáticos, quando feita a utilização dos concentrados proteicos;

- O concentrado proteico de farelo de girassol mostra-se mais eficiente metabolicamente do que o farelo de crambe, sendo mais bem aproveitado pelos peixes. Os animais que receberam a dieta CPFG-25% apresentam a melhor eficiência de uso metabólico dos ingredientes;

- Os concentrados proteicos são uma alternativa promissora ao uso das fontes protéicas de origem vegetal (farelos e folhas), já que são minimizadas de fatores antinutricionais, fibras e carboidratos, além de apresentarem elevado teor de aminoácidos totais, tornando assim sua utilização competitiva às fontes de origem animal.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO, J.M. **Nutrição Animal**, 4 ed., São Paulo, Nobel, 395p., 1988.

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

BARCELLOS, L.J.G. et al. Haematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard Pimelodidae): changes after acute stress, **Aquaculture Research**, v. 34, p.1465-1469, 2003.

BOMBARDELLI, R.A.; MEURER, F.; SYPERRECK, M.A. metabolismo proteico em peixes. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.**, Unipar, v.7, n.1, p.69-79, 2003.

CABRAL, E.M. et al. Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles, **Aquaculture**, v. 322-323, p.74-81, 2011.

COLDEBELLA, I.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.32, n.3, p.499-503, 2002.

CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; MARTINO, R.C. Retenção de proteína e energia em juvenis de "black bass" *micropterus salmoides*, **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.609-616, 2000.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA, **Girassol**. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=54&cod\\_pai=38](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=54&cod_pai=38)> Acesso em: 15 de novembro de 2011.

FALASCA, S. L. et al. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.

FERRARI, R. V. O girassol está invadindo, **Bunge no campo**, p. 2-3. 2004.

FRACALOSI, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama Aquic.** v.12, p.43- 49, 2002.

FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção do Crambe 2010**, Maracaju: Fundação MS, 60 p.: il., 2010.

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

GLÓRIA M.M.; REGITANO-D'ARCE. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha do Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, V. 20, n.2, 2000.

HANCOCK J.D.; PEO JR.,E.R.; LEWIS, A.J. Effects of ethanol extraction and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by growing rats and pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, n.10, p. 3233-3243, 1990.

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

HALVER, J. E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish Nutrition**. 3rd version. Elsevier Science, San Diego, USA, 2002, 824p.

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

LARSEN, B.K.; DALSGAARD, J.; PEDERSEN, P.B. Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Aquaculture**, v.326–329, p. 90–98, 2012.

LEDOUX, D.R. et al. Effects of feeding crambe meal upon intake, gain, health and meat quality of broiler chicks, **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.227±24, 1999.

LEHNINGER A.L.; NELSON D.L.; COX M.M. **Principles of Biochemistry**, Fourth Edition Nova Iorque: W. H. Freeman, 1119p. 2004.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica Agroindustrial**. Editoria Acribia S/A, 1996, 380p.

LIU, Y.G. et al. Crambe meal: removal of glucosinolates by heating with additives and water extraction, **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p.273-287, 1994.



LUND, I. et al. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, **Aquaculture**, v. 321, p.259–266, 2011.

MANDARINO, J.M.G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 25 p., 1992.

MARIOD, A.A.; FATHY, S.F.; ISMAIL, M. Preparation and characterisation of protein concentrates from defatted kenaf seed, **Food Chemistry**, v.123, p.747–752, 2010.

MELO, J.F.B. **Digestão e metabolismo do jundiá *Rhamdia quelen*, submetido a diferentes regimes alimentares**. 2004. 95f. Tese (doutorado em ciências fisiológicas), José Fernando Bibiano Melo. Universidade Federal de São Carlos UFSCar, São Carlos, 2004.

\_\_\_\_\_.RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J.H.S.; TROMBETTA, C.G. Desenvolvimento e Composição Corporal de Alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen*) Alimentados com Dietas Contendo diferentes Fontes de Lipídios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.323-327, 2002.

MÉRIDA, S.N.; VIDAL, A.T.; LLORENS, S.M.; CERDÁ, M.J. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology, **Aquaculture**, v.298. p.275–281, 2010.

METÓN, I. et al. Effect of diet composition and ration size on key enzyme activities of glycolysis–gluconeogenesis, the pentose phosphate pathway and amino acid metabolism in liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), **British Journal of Nutrition**, v.82, p.223–232,1999.

MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae), na região do alto rio Uruguai. In: XII ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, São Paulo, SP, 1997. Anais... São Paulo: SBI, 420 p. p.29, 1997.

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

MILLWARD, D.J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover **Aquaculture**, The Netherlands, v.79 p.1-58, 1989.

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

MPA- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, **Aqüicultura no Brasil**, Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/html/aquicultura/index.htm>> Acesso em 21 de novembro de 2011.

NRC, National Research Council, **Nutrient Requirements of Fish**, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Academy Press Washington, D.C. 1993, 128p.

NRC, National Research Council, **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Committee on Animal Nutrition, National Academy Press, Washington, D.C. 2011, 392p.

NAVARRO, R.D. et al. Desempenho de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada com vitamina C, **Archivos Zootecnia**. v.59, n.228, p.589-596, 2010.

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

OGUNWOLU, S. O. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale L.*) nut. **Food Chemistry**, v.115, p.852–858, 2009.

PENNY, C. Proteins – The essential ingredients. **Journal of Food Ingredients and Processing International**, v.34, p.14–19, 1999.

PEZZATO, L.E. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**,. São Paulo: Aquabil, p.75-172, 2004.

PEZZATTO, L.E. Alimentação de peixes - Relação custo benefício. *Anais...* In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 1999, Porto Alegre. Porto Alegre: SBZ, P. 109-118. 1999.

PEDRON, F.A. **Fibra na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2006, 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Produção Animal) Fabio de Araújo Pedron, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006, disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Fabio\\_de\\_Araujo\\_Pedron.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Fabio_de_Araujo_Pedron.pdf)>. Acesso em: agosto de 2011.

PROENÇA C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília, 196p. 1994.

REFSTIE, S. et al. Effects of dietary yeast cell wall  $\beta$ -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal, **Aquaculture**, v.305, p.109–116, 2010.

SALHI, M. et al. 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.

SANCHES-MURÓS, M.J. et al. Long-term nutritional effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout. Adaptive response to starvation and a high-protein, carbohydrate-free diet on glutamate dehydrogenase and alanine aminotransferase kinetics. **Biochemistry Cell Biology**. V.30, p.55– 63, 1998.

SANTIGOSA, E. et al. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources, **Aquaculture**, v.282, p.68–74, 2008.

TACON, A.G.J.; METIAN, M.. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146–158, 2008.

TAVERNARI, **Digestibilidade dos aminoácidos e valores energéticos do farelo de girassol e sua inclusão na ração de frangos de corte/** Fernando de Castro Tavernari, 2008, 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia-Área de Nutrição), Universidade Rural de Pernambuco, 2008.

VIEIRA, V.P.; INOUEB, L.A.K.; MORAES, G. Metabolic responses of matrinxã (*Brycon cephalus*) to dietary protein level, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A v.140, p.337– 342, 2005.

YAMAMOTO, T.; UNUMA, T.; AKIYAMA, T.; The influence of dietary protein and fat levels on tissue free amino acid levels of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 180, p.353– 372, 2000.

YUE, Y.R.; ZHOU, Q.C. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*×*O. aureus*. **Aquaculture**, 284, 185-189, 2008.