

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

**FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA
COMO FONTE PROTEICA NA DIETA DE JUVENIS DE
JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fernanda Rodrigues Goulart

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA COMO
FONTE PROTEICA NA DIETA DE JUVENIS DE JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*)**

por

Fernanda Rodrigues Goulart

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.

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

Santa Maria, RS, Brasil

2012

G694f Goulart, Fernanda Rodrigues

Farelo de linhaça *in natura* e demucilada como fonte protéica na dieta de juvenis de jundiá (*Rhamdia Quelen*)/ por Fernanda Rodrigues Goulart. – 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. Peixe 2. Jundiás 3. Metabolismo 4. Enzimas digestivas 5. Farelo de linhaça 6. Dietas 7. Demucilagem I. Silva, Leila Picolli da II. Título.

CDU 639.3.043.2

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

**FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA COMO FONTE
PROTEICA NA DIETA DE JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

elaborada por
Fernanda Rodrigues Goulart

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

COMISSÃO EXAMINADORA

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

João Radünz Neto, Dr. (UFSM)

Fábio de Araujo Pedron, Dr. (UDESC)

Santa Maria, 22 de Fevereiro de 2012.

A **Deus**, pelo dom da vida

Pelas oportunidades conquistadas e por me dar forças para seguir em frente.

Aos **meus pais**, Birajar (*in memoriam*) e Clarice

Pelo incentivo, carinho e esforço.

Ao **meu noivo** Fredi

Por seu amor, companheirismo e paciência, tornando a vida mais feliz.

À **minha irmã** Cheisa

Por sua preocupação, carinho e amizade.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora professora Dra. Leila Picolli da Silva pela oportunidade concedida, orientação, amizade e paciência, sem medir esforços em ajudar mesmo estando em licença maternidade.

Ao professor Dr. João Radünz Neto pela co-orientação, incentivo e ensinamentos ao longo deste trabalho.

Agradeço especialmente a Ana Betine, Bruno B., Carol, Naglezi e Vivi, pois sem dúvida a ajuda de vocês foi fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Piscicultura: Andressa, Alexandra, Cátia, Daniel P., Daniel M., Fábio, Giovani, Isadora, Lucas, Luciana, Mateus, Maria, Sérgio, Silvandro, Suzete, Suzi e Tuco pela amizade, coleguismo e momentos de descontração.

Aos colegas da Tecnologia de Alimentos: Bruninha, Bruna Alves, Fê Moura, Fê Macagnan, Marília e Tiago K. pela amizade e companheirismo.

À minha amiga de infância Ana Paula Lima, pela amizade sincera, por me acompanhar durante as madrugadas de estudos e me confortar nas horas tristes.

À secretária do PPGZ, Olirta, pela dedicação e competência com que desenvolve o seu trabalho.

À Capes pela bolsa de estudo concedida.

À empresa Giovelli/Indústria de óleos vegetais, pela doação da semente de linhaça utilizada neste trabalho.

Enfim, a todos os que de alguma forma contribuíram e torceram para que este trabalho fosse desenvolvido e concluído.

Muito obrigada!

AGORA, NÃO DEPOIS

Nem cedo nem tarde.

O presente é hoje.

O passado está no arquivo.

O futuro é uma indagação.

Faze hoje mesmo o bem a que te determinaste.

Se tens alguma dádiva a fazer, entrega isso agora.

Se desejas apagar um erro que cometeste, consciente ou inconscientemente, procura sanar essa falha sem delongas.

Caso te sintas na obrigação de escrever uma carta, não relegues semelhante dever ao esquecimento.

Na hipótese de idealizares algum trabalho de utilidade geral, não retardes o teu esforço para trazê-lo à realização.

Se alguém te ofendeu, desculpa e esquece, para que não sigas adiante carregando sombras no coração.

Auxilia aos outros, enquanto os dias te favorecem.

Faze o bem agora, pois, na maioria dos casos, "depois" significa "fora de tempo" ou tarde demais.

Emmanuel

RESUMO

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

FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA COMO FONTE PROTEICA NA DIETA DE JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

Autor: Fernanda Rodrigues Goulart

Orientador: Leila Picolli da Silva

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de Fevereiro de 2012.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho produtivo, perfil de enzimas digestivas e efeitos metabólicos de jundiás (*Rhamdia quelen*) em resposta à substituição parcial da fonte proteica de origem animal pela proteína bruta (PB) dos farelos de linhaça *in natura* (FL) e demucilada (FLD). Duzentos e quarenta juvenis de jundiá (peso médio inicial de $14,49 \pm 1,85$ g e comprimento médio inicial de $11,74 \pm 0,61$ cm) foram distribuídos ao acaso em 12 caixas de propileno com volume útil de 280 litros (20 peixes/caixa) em um sistema de recirculação de água por um período de sete semanas de alimentação. Durante o período experimental os parâmetros de qualidade da água mantiveram-se dentro do ideal para esta espécie. Os tratamentos avaliados foram: dieta controle; 17%FL (17% substituição da PB de origem animal pela PB do FL); 17%FLD: (17% substituição da PB de origem animal pela PB do FLD) e 35%FLD: (35% de substituição da PB de origem animal pela PB do FLD), cada tratamento consistiu de três repetições. Os animais foram alimentados três vezes ao dia, até a saciedade aparente. A cada 28 dias, foram realizadas biometrias para acompanhamento do crescimento. Durante o período experimental, foram avaliados: variáveis de crescimento (peso, comprimento total e padrão, biomassa total, ganho em peso diário, fator de condição, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente) e parâmetros de carcaça (rendimento de carcaça, índices digestivossomático, hepatossomático, quociente intestinal e deposições de proteína e gordura corporal). Além disso, foram determinados: composição centesimal (umidade, cinzas, gordura e proteína) no peixe inteiro; parâmetros sanguíneos (glicose, triglicerídeos totais, colesterol total e proteínas totais) e no tecido hepático, foram determinados glicogênio, glicose, proteínas, aminoácidos livres, amônia e lactato. Também foram aferidas as atividades das enzimas protease ácida, amilase, tripsina e quimiotripsina. Os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram menores valores de conversão alimentar ($p < 0,05$), no entanto, o restante dos parâmetros de crescimento não foram alterados pela inclusão dos FL e FLD. A dieta 35%FLD apresentou menor QI, teor de umidade, maior teor de gordura da carcaça e gordura total depositada e atividade da enzima tripsina. Os parâmetros sanguíneos de triglicerídeos, albumina e proteínas totais não diferiram estatisticamente entre si, todavia maiores níveis de colesterol ($178,72 \pm 10,71$) e glicose plasmática ($62,71 \pm 5,16$) foram encontrados no tratamento 35%FLD. Os parâmetros hepáticos não foram afetados pelos tratamentos. A composição do farelo de linhaça após o processo de demucilagem concentrou o teor de PB e diminuiu à metade o conteúdo de fibra solúvel. Sendo assim, sugere-se que o FL e o FLD podem ser usados parcialmente para compor a ração de jundiás como fonte alternativa econômica.

Palavras-chave: Peixe. Metabolismo. Enzimas digestivas. Demucilagem.

ABSTRACT

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

LINSEED MEAL *IN NATURE* AND DEMUCILAGED AS A SOURCE OF PROTEIN IN THE DIET JUNDIÁ JUVENILES (*Rhamdia quelen*)

AUTHOR: Fernanda Rodrigues Goulart

ADVISER: Leila Picolli da Silva

Date and Defense Place: Santa Maria, February 22th, 2012.

This study aimed to evaluate the performance profile, digestive enzymes and metabolic effects of silver catfishes (*Rhamdia quelen*) in response to the partial substitution of protein source for animal protein (PB) of linseed meal *in nature* (FL) and demucilaged (FLD). Two hundred and forty juvenile catfish (average initial weight of 14.49 ± 1.85 g and length averaging 11.74 ± 0.61 cm) were randomly assigned to 12 cases of propylene with a working volume of 280 liters (20 fish / box) in a water recirculation system for a period of 51 days supply. During the experimental period, the water quality parameters remained within the optimum for this species. The treatments were: control diet; 17% FL (17% replacement of animal PB by PB of FL); 17%FLD (17% replacement of animal PB by PB of FLD) and 35% FLD (35 % substitution of animal PB by PB of FLD), each treatment consisted of three repetitions. The animals were fed three times daily to apparent satiation. Every 28 days samples were collected to monitor the growth. During the experimental period, growth variables (weight, total and standard length, total biomass, daily weight gain, condition factor, specific growth rate, feed conversion) and parameters of carcass (carcass yield, digestivossomático index, hepatosomatic, quotient intestinal and deposition of protein and fat) were evaluated. In addition, we determined: chemical composition (moisture, ash, fat and protein) in whole fish, blood parameters (glucose, total triglycerides, total cholesterol and total protein) in liver tissue (glycogen, glucose, protein, free amino acids, ammonia and lactate). Activities of enzymes acid protease, amylase, trypsin and quymotripsin were also measured. The fish fed the control diet had lower levels of feed conversion ($p < 0.05$). However, the rest of the growth parameters were not altered by the inclusion of FL and FLD. Diet 35%FLD had lower QI, moisture content, higher content of carcass fat and total fat deposited and activity of the enzyme trypsin. The blood level of triglycerides, albumin and total protein did not differ among treatments, but higher cholesterol levels ($178,72 \pm 10,71$) and plasma glucose ($62,71 \pm 5,16$) were found in 35%FLD treatment. The liver parameters were not affected by treatments. The composition of linseed meal after the process of demucilagen concentrated PB content and decreases to half the content of soluble fiber. Therefore, it is suggested that the FLD and FL can be used to compose part of silver catfish feed as an alternative source and cost.

Keywords: Fish. Metabolism. Digestive enzymes. Demucilagen.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

- TABELA 1** – Formulação das dietas com diferentes níveis de farelo de linhaça *in natura* e demucilada para juvenis de jundiá.....46
- TABELA 2** - Parâmetros sanguíneos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes proporções de farelo de linhaça *in natura* e demucilada.....48
- TABELA 3** - Intermediários metabólicos analisados no fígado de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes proporções de farelo de linhaça *in natura* e demucilada.....48

ARTIGO II

- TABELA 1** - Composição das dietas experimentais expressa em porcentagem.....54
- TABELA 2** - Variáveis de crescimento de jundiás até o final do período experimental (sete semanas de alimentação).....60
- TABELA 3** - Rendimento e índices digestivos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.....61
- TABELA 4** - Composição centesimal do peixe inteiro (%) e deposição de nutrientes de jundiás alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.....62
- TABELA 5** - Enzimas digestivas de jundiá alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.....63

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Camada de polissacarídeos hidratada em torno da semente de linhaça.....19

ARTIGO I

FIGURA 1 - Composição determinada dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada (em porcentagem da matéria natural).....47

FIGURA 2 - Composição de aminoácidos dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada (em porcentagem da matéria natural).....47

ARTIGO II

FIGURA 1 - Peso médio (g) dos juvenis de jundiá durante o período experimental.....59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Composição centesimal dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais para jundiá.....	82
ANEXO 2 - Composição de aminoácidos das rações utilizadas no experimento (% na dieta).....	82
ANEXO 3 – Processo de extração da mucilagem da linhaça.....	83
ANEXO 4 – Precipitação da mucilagem extraída de semente da linhaça.....	83
ANEXO 5 – Sistema de recirculação de água utilizado durante o período experimental.....	84
ANEXO 6 – Exemplar de juvenil de jundiá utilizado no período experimental e coleta sanguínea por punção na veia caudal.....	84
ANEXO 5 - Instruções para submissão de trabalhos na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS

BT: biomassa total

CAA: conversão alimentar aparente

CT: comprimento total

CP: comprimento padrão

FL: farelo de linhaça *in natura*

FLD: farelo de linhaça demucilada

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MPA: Ministério da Pesca e Aquicultura

TCE: taxa de crescimento específico

FADE: farelo de arroz desengordurado

FC: fator de condição

GP: ganho em peso

GPD: ganho em peso médio diário

GPR: ganho de peso relativo

GTD: deposição de gordura corporal

IDS: índice digestivossomático

IHS: índice hepatossomático

NS: não significativo ($P > 0,05$)

P: peso

PBTD: deposição de proteína corporal

QI: quociente intestinal

RC: rendimento de carcaça

SPC60: concentrado protéico de soja 60%

TCE: taxa de crescimento específico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos	166
3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	17
3.1. Linhaça.....	17
3.2. Mucilagem ou goma	19
3.3. Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	21
3.4. Metabolismo intermediário	22
3.5. Enzimas digestivas	24
4. ARTIGO I	28
4.1. Introdução	31
4.2. Materiais e métodos.....	32
4.3. Resultados e discussão.....	37
4.4. Conclusão.....	40
4.5. Agradecimentos.....	41
4.6. Referências.....	410
5. ARTIGO II	49
5.1. Introdução	52
5.2. Materiais e métodos.....	53
5.3. Resultados e discussão.....	58
5.4. Conclusões	64
5.5. Agradecimentos.....	64
5.6. Referências Bibliográficas	65
6. DISCUSSÃO GERAL	69
7. CONCLUSÃO GERAL	72
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o terceiro país em importância na produção pesqueira e aquícola da América do Sul (BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA, 2010), apresentando grande potencialidade para uso de espécies nativas, pois dispõe de clima favorável, elevada extensão de costa marítima e reservatórios de águas doces, mão de obra abundante e crescente demanda interna por pescado (OSTRENSKI et al., 2008). Entre os peixes nativos, o jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie que tem mostrado grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura brasileira, pois se adapta a uma ampla faixa de temperatura e à alimentação artificial formulada com distintos ingredientes. Segundo o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (2010), algumas espécies de peixes apresentaram aumento considerável na pesca continental a nível nacional entre os anos de 2007-2009, tendo o jundiá apresentado destaque com um incremento de 97,6% em sua produção, passando de 171 toneladas no ano de 2007 para 338 toneladas em 2009.

Ao lado da crescente produção de peixes, há aumento da demanda por alimentos adequados para estes animais. Sabe-se que a formulação de dietas para peixes consiste basicamente de milho, farelo de soja e farinhas de peixe e carne. No entanto, as fontes de origem animal têm grande variabilidade de preço no mercado e nem sempre são produzidas em grande escala, o que pode dificultar sua aquisição (SANTOS et al., 2008).

Grande parte da produção piscícola intensiva é composta por animais de hábito alimentar onívoro como o jundiá, que consome anualmente elevada quantidade de farinha de peixe e de carne (TAKAHASHI, 2005). Mas com a carência desses insumos no mercado mundial e o elevado preço, a necessidade de obter substitutos adequados, tanto no que se refere à eficiência nutricional como ao custo (FRANCIS et al., 2001; TAKAHASHI, 2005), torna-se urgente a fim de diminuir gastos, sem perder a qualidade nutricional das rações (HISANO et al., 2003).

Certos produtos e subprodutos da agroindústria, resíduos de culturas e produtos que não são destinados ao consumo humano, têm substituído ingredientes usualmente utilizados nas rações como uma forma alternativa econômica (SANTOS et al., 2008). Nesse âmbito, destacam-se os ingredientes de origem vegetal, como o farelo de linhaça, que apresentam composição química homogênea, fácil obtenção e baixo custo em relação aos de origem animal. No entanto, a presença de alguns fatores antinutricionais é relatada para tais ingredientes, assim como

inibidores de protease, fitatos, glicosinolatos, alcalóides, gossipol, saponinas, oligossacarídeos e polissacarídeos não-amiláceos (FRANCIS et al., 2001). Sendo assim, uma forma de agregar valor e promover o aumento da utilização de fontes protéicas vegetais é a retirada ou o isolamento de compostos antinutricionais como a mucilagem ou goma presente na semente de linhaça.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar o valor nutricional do farelo de linhaça obtido a partir da extração do óleo do grão demucilado como substituto da proteína de origem animal, sobre aspectos zootécnicos, metabólicos e enzimáticos digestivos de jundiá (*Rhamdia quelen*);

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar as diferenças de composição química do farelo de linhaça *in natura* e demucilada;
- Avaliar o efeito da substituição da proteína de origem animal por farelo de linhaça *in natura* e demucilada sobre o crescimento, rendimento e qualidade de carcaça;
- Avaliar o efeito da substituição da proteína de origem animal por farelo de linhaça *in natura* e demucilada sobre parâmetros metabólicos e enzimáticos.

3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Linhaça

A linhaça, semente do linho (*Linum uistatissimum* L.), refere-se à família *Linaceae*, gênero *Linum*, que compreende mais de 100 espécies anuais e perenes (TOMM et al., 2006; BERGLUND, 2002). É uma planta herbácea, anual, de inverno, com estrutura que varia de 30 a 120 cm de comprimento. As sementes são ovais, transversalmente achatadas ou em formato de lente, com tamanho de 3,6 a 5,0 mm e cor que varia de marrom-claro a marrom escuro avermelhado (TOMM et al., 2006).

Esta semente tem sido usada como alimento na Europa e na Ásia desde 5000 anos antes de Cristo (BERGLUND, 2002), sendo sua origem desconhecida (TOMM et al., 2006). Foi introduzida no Brasil em 1550, no Estado de São Paulo, e difundida rapidamente no Rio Grande do Sul (RS) pelos jesuítas (BALDANZI et al., 1988; TOMM et al., 2006). O cultivo de linhaça em nosso país se concentra basicamente no Estado do RS (BALDANZI et al., 1988), em razão das condições favoráveis para seu cultivo, tendo sido sua produção de 16159 toneladas no ano de 2010 (IBGE, 2011).

Historicamente, a linhaça começou a ser utilizada como ingrediente em pães e laxantes. Desde o século passado, uma série de produtos contendo linhaça vem sendo desenvolvidos, principalmente para o mercado de alimentos saudáveis (HALL et al., 2006). Mais recentemente seu óleo também se tornou efetivo para nutrição humana, devido ao elevado teor de ácido linolênico. Além disso, o consumo humano de linhaça vem aumentando rapidamente em função de sua composição ser rica em fibra alimentar e lignanas, as quais são anti carcinogênicas (BERGLUND; ZOLLINGER, 2007). A ingestão desta semente é bastante comum na América do Norte e em países europeus, mas seus benefícios estão difundidos pelo mundo todo. As variedades de linhaça existentes para o consumo humano são diferentes das variedades utilizadas como fibra na fabricação de tecido conhecido como linho (MORRIS, 2007).

A semente de linhaça é composta por aproximadamente 40% de óleo, sendo que 45-60% é ácido alfa-linolênico (ômega 3) e 15-18% é ácido linoléico (ômega 6), 30% de fibra alimentar,

20% de proteína, 6% de umidade e 4% de amido (TARPILA et al., 2005; MORRIS, 2007). Esta composição pode variar com o cultivar, ambiente, processamento e até mesmo com o método de análise utilizado. Uma forma de aumentar o rendimento e qualidade do óleo é a extração prévia de polissacarídeos (ZIOLOVSKA, 2012).

Após a extração do óleo da linhaça tem-se o farelo, que vem a ser um concentrado protéico frequentemente destinado à dieta de bovinos de leite, pois apresenta propriedades diuréticas, as quais aumentam a secreção do leite quando administrado em quantidades satisfatórias (BALDANZI et al., 1998).

Segundo Soncin et al. (2009), a semente de linhaça é uma alternativa viável na formulação de dietas para equinos, mostrando ser benéfica na digestibilidade da fração fibrosa. No entanto, o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta de suínos alimentados com farelo de linhaça foi prejudicado, sendo este prejuízo atribuído à presença de fibras, as quais podem afetar negativamente a utilização de alguns nutrientes (SANTOS et al., 2005). Sendo assim, em dietas para não ruminantes, esta fonte vem sendo incluída em menor proporção, pela expressiva presença de alguns fatores antinutricionais e fatores tóxicos, bem como mucilagem (BHATTY, 1993), ácido fítico (OOMAH et al., 1996), glicosídeos cianogênicos (linatina, linamarina) (HALL et al., 2006) e inibidores de tripsina. Antinutrientes podem ser definidos como substâncias que sozinhas ou através de seus produtos metabólicos interferem na utilização de alimentos e afetam a saúde e a produção dos animais (FRANCIS et al., 2001).

Trabalhos com diferentes espécies animal têm demonstrado que o uso do farelo de linhaça afeta negativamente o aproveitamento dos nutrientes, ganho de peso e conversão alimentar, principalmente quando os níveis de inclusão deste alimento são aumentados (BOND et al., 1997; ORTIZ et al., 2001; SANTOS et al., 2005).

Nesse âmbito, uma alternativa para ampliar o uso desse subproduto na nutrição de animais monogástricos é a remoção da mucilagem, o que promoverá melhorias no valor nutritivo tanto em termos de concentração de nutrientes, como pela diminuição da viscosidade da digesta, possibilitando agregação de valor ao farelo (ALZUETA et al., 2002). Além disso, a extração da goma pode ser uma alternativa para aumentar o rendimento da extração do óleo (OOMAH; MAZZA, 1997). Alzueta et al. (2002), avaliaram a substituição da linhaça *in natura* pela linhaça demucilada na dieta de frangos de corte, tendo observado redução na viscosidade da digesta medida no jejuno.

3.2. Mucilagem ou goma

A linhaça é composta por cerca de 35% de fibra, das quais 2/3 é fibra insolúvel, constituída de celulose, hemicelulose e lignina e 1/3 de fibra solúvel, a qual grande parte se encontra na forma de mucilagem ou goma (TARPILA, 2005), composta por xilose (19-38%), ácido galacturônico (21-36%), rhamnose+fucose (11-16%), galactose (12-16%), arabinose (8-13%) e pequena quantidade de glicose (4-6%) (WANNERBERGER et al., 1991; OOMAH et al., 1995; CUI; MAZZA, 1996). A mucilagem está presente principalmente na casca, ou mais precisamente na mucosa da epiderme, sendo facilmente extraída por água (Figura 1) (ZIOLKOVSKA, 2012).

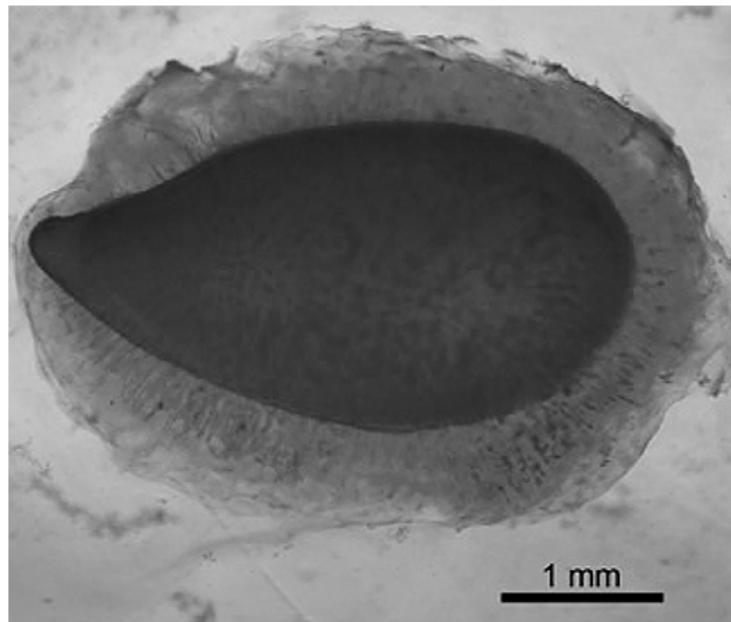


Figura 1: Camada de polissacarídeos hidratados em torno da semente de linhaça.
Fonte: Naran et al., 2008.

A semente de linhaça é constituída em média de 8% do seu peso em mucilagem, entretanto, seu rendimento de retirada é dependente do regime de extração, podendo variar de 3,5 a 9,4% (MAZZA; BILIADERIS, 1989; FEDENIUK; BILIADERIS, 1994; OOMAH, 1995). Zhang et al. (2009), realizaram processo de demucilagem na proporção de 7:1 (mL água/g

semente), sob temperatura de 70°C, pH 6.0 por um período de imersão de 60 minutos e quatro ciclos de extração e obtiveram rendimento de mucilagem de 10,64±0,09 (g/100g de linhaça). Ziolkovska (2012) encontrou máximo rendimento de extração de mucilagem de linhaça em temperatura de 80±2°C e proporção de semente/água de 1:25 em ciclos de 30±1 minuto. Monego (2009), testando cinco concentrações p/v (5%; 7,5%; 10%; 15 e 20) sob temperatura de 85-90°C por 30 minutos, obteve melhores resultados na concentração de 10%, tendo alcançado rendimento de extração de 7,25±0,94. A extração prévia de polissacarídeos da linhaça é considerada uma forma positiva para aumentar o rendimento e a qualidade do óleo desta semente e, conseqüentemente, diminuir o nível de fibra no farelo (ZIOLKOVSKA, 2012).

A fibra solúvel é considerada um fator antinutricional para animais não ruminantes devido a sua elevada capacidade de hidratação, implicando no aumento da viscosidade da digesta do conteúdo intestinal, dificuldade na ação das enzimas e na difusão de substâncias ligadas ao processo digestivo e diminuição da digestibilidade dos nutrientes (COUSINS, 1999). Além disto, a mucilagem interfere no tempo de permanência do alimento no trato digestivo e possui forte capacidade de ligação iônica com elementos minerais, fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na sua absorção (ARRUDA et al., 2003). Por outro lado, a fibra solúvel presente na linhaça apresenta algumas vantagens na nutrição humana podendo controlar gastroenterites (TOMM, 2006), hiperglicemia, hipercolesterolemia (OOMAH; MAZZA; 1998). Além do mais, é considerada anticancerígena e proporciona diminuição da constipação (TARPILA et al., 2005).

Como a fibra solúvel é composta principalmente de polissacarídeos que apresentam alto potencial como hidrocoloide (MAZZA; BILIADERIS, 1989), a mucilagem da linhaça pode ser utilizada na indústria alimentícia como um substituto da gordura em alimentos altamente calóricos, otimizando seu valor nutritivo (MONEGO, 2009). Confere maior semelhança com a goma arábica do que outras gomas comuns (FEDENIUK; BILIADERIS, 1994). Segundo Mazza e Biliaderis (1989), esta contém menos carboidratos, mais minerais e proteína em relação à goma guar e alfarroba, mostrando ótimo potencial como um substituto de hidrocoloides tradicionais.

3.3. Jundiá (*Rhamdia quelen*)

Na América do Sul, há grande interesse na criação de espécies de peixes que possam sobreviver durante invernos rigorosos e crescer rapidamente em verões com elevadas temperaturas (LERMEN et al., 2004). Dentre os peixes nativos, o jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie que tem mostrado grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura brasileira, pois se adapta a uma ampla faixa de temperatura e à alimentação artificial formulada com distintos ingredientes (GOMES et al., 2000; CARNEIRO; MIKOS, 2005).

A espécie *Rhamdia quelen* pertence a ordem dos Siluriformes, família Heptapteridae (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004), distribuindo-se do sudeste do México ao centro da Argentina. Por meio de uma análise de filogenética ficou garantido que o gênero *Rhamdia* é originário da América do Sul. Através da seleção de reprodutores originou-se o jundiá cinza, o qual, de acordo com piscicultores, proporciona maior rendimento de criação, porém não há estudos que comprovem esta afirmação (BALDISSEROTTO, 2010).

É uma espécie considerada rústica, de fácil manejo e rápido crescimento, suporta baixas temperaturas e tem demonstrado bons resultados em viveiros de piscicultura, principalmente no sul do Brasil. Contudo, um dos maiores problemas no cultivo desta espécie é a infestação pelo protozoário *Ichthyophthirius multifiliis*, popularmente conhecido como ictio, causador da doença dos “pontos brancos”. Pode ocorrer a morte de juvenis parasitados em poucos dias, porém os animais que sobreviverem ficarão menos susceptíveis a uma nova infestação (BALDISSEROTTO, 2010).

Quanto ao hábito alimentar, as larvas de jundiá se alimentam de zooplâncton, e os adultos são onívoros (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004) com tendência à carnívoria, pois tem alta capacidade de digerir ingredientes protéicos e relativa dificuldade de digerir ingredientes energéticos (OLIVEIRA FILHO; FRACALOSSO, 2006).

É um bagre que apresenta carne saborosa e ausência de espinhos intramusculares, permitindo grande aceitação pelo mercado consumidor (CARNEIRO; MIKOS, 2005). Pesquisas tem abordado aspectos relacionados a parâmetros reprodutivos (COLDEBELLA et al., 2011; TESSARO et al., 2011), metabólicos e fisiológicos (LERMEN et al., 2004; CUNHA et al., 2010), toxicológicos (SOSO et al., 2007; CERICATO et al., 2009) e nutricionais (MEYER e

FRACALOSSI, 2004; MONTES-GIRAO; FRACALOSSI, 2006; PEDRON et al., 2008; REIDEL et al., 2010) de jundiá, no entanto, ainda são escassos os trabalhos que apontam características metabólicas e enzimático digestivas desta espécie.

3.4. Metabolismo intermediário

Vias metabólicas são sequências multienzimáticas em que o produto de uma enzima serve como substrato para a próxima, levando ao acúmulo de pequenas moléculas e mudanças químicas na molécula original (DABROWSKI; GUDERLEY, 2002). As vias metabólicas podem ser classificadas como catabólicas ou anabólicas. As reações catabólicas consistem na liberação de energia livre. Moléculas complexas como proteínas, polissacarídeos e lipídios são quebrados em aminoácidos, ácidos graxos e glicerol, e hexoses, respectivamente, transformando-se em CO₂, NH₃ e água. Logo, as vias anabólicas formam produtos finais complexos a partir de precursores simples (HALVER, 1989; CHAMPE; HARVEY, 1997).

Há poucos trabalhos que avaliam o perfil metabólico dos tecidos de peixes, contudo, pela determinação de certos intermediários é possível conhecer o estado fisiológico do animal (LUNDSTEDT et al., 2004), variações metabólicas entre os tecidos e sua relação com os nutrientes da dieta (MELO, 2004; BELAL, 2005; CAMILO, 2007).

O fígado, localizado entre o intestino e a circulação geral (BACILA, 2003), exerce importante função no metabolismo, pois é um dos órgãos mais ativos no metabolismo de glicídios, lipídios, aminoácidos, proteínas e transformação de substâncias não nutritivas, atuando na distribuição e manutenção dos nutrientes oriundos do alimento na corrente sanguínea (DE SILVA; ANDERSON, 1995; LOVELL, 1998; LUNDSTEDT et al., 2004; LEHNINGER et al., 2006).

Neste contexto, o glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de carboidratos em peixes, usado em situações críticas. Em humanos, o conteúdo de glicogênio hepático pós prandial alcança valores de até 10% do peso úmido do órgão e valores inferiores a 1% após jejum de 24 horas (BACILA, 2003), sendo para peixes relatada uma faixa de 1-6% do

peso total do fígado (BARCELLOS et al., 2010). Submetidos a baixos níveis de oxigênio e ausência de alimento, as espécies *Hoplias malabaricus* (traíra) e *Piaractus mesopotamicus* (pacu) mantiveram altos níveis de glicogênio hepático, o que foi atribuído a adaptações bioquímicas destes peixes (BIDINOTTO et al., 1997). Jundiás submetidos a um jejum de 2 a 21 dias tiveram seus estoques de glicogênio diminuídos, no entanto, após dois dias de alimentação tiveram valores semelhantes aos animais que não foram submetidos à restrição alimentar (BARCELLOS et al., 2010). Neste mesmo trabalho, os animais mantiveram a glicose sanguínea até mesmo em jejum, provavelmente pela ação do cortisol sobre a glicogenólise no fígado. Segundo Melo (2004), grande parte da glicose requerida pelos peixes é proveniente da gliconeogênese, pois a mobilização de glicogênio é bastante lenta.

Outro ponto que vem sendo abordado em trabalhos prévios é o efeito do aumento da proteína em dietas sobre o conteúdo de glicogênio. Melo et al. (2006), observaram aumento do conteúdo de glicogênio hepático de jundiás com elevação de proteína da dieta. Porém, trabalhos têm demonstrado redução nas reservas hepáticas de glicogênio com o aumento da proteína na dieta de *Pseudoplatystoma corruscans* e *Brycon cephalus* (LUNDSTEDT et al., 2004; VIEIRA et al., 2005).

Em relação ao metabolismo protéico, o fígado é o órgão central do metabolismo nitrogenado. Após a digestão, a proteína libera aminoácidos, os quais são subsequentemente utilizados para a síntese de novas proteínas ou para energia (DE SILVA; ANDERSON, 1995). Dieta pobre em energia proveniente de carboidratos e lipídios irá prejudicar o anabolismo e favorecer o catabolismo de aminoácidos, que serão utilizados para gerar energia (SEIXAS FILHO, 2004).

O grupo amino é removido dos aminoácidos principalmente por transaminação ou desaminação oxidativa (LOVELL, 1998). A amônia originada pela desaminação oxidativa poderá ser tóxica se não for reutilizada para aminação, sendo a produção dependente da quantidade e qualidade da proteína da dieta (LOVELL, 1998). Os peixes apresentam a vantagem de possuir excelente meio para excretar seus resíduos nitrogenados como a amônia, que é eliminada através das brânquias, simplificando seu metabolismo intermediário (DABROWSKI; GUDERELEY, 2002).

Elevados níveis de proteína na dieta resultam em aumento na concentração de aminoácidos livres, excreção de amônia, síntese de proteína, atividade de enzimas

gliconeogénicas e diminuição na atividade de enzimas glicolíticas (DE SILVA; ANDERSON, 1995).

Mudanças na concentração de metabólitos do plasma refletem os ajustes bioquímicos devidos às modificações da dieta (VIEIRA et al., 2005). A determinação de parâmetros sanguíneos é uma ferramenta útil para determinar a eficiência do peixe em utilizar os nutrientes da alimentação testada. Vieira et al. (2005) observaram que as respostas metabólicas do matrinxã (*Brycon cephalus*) ao nível de proteína na dieta variaram de acordo com o desempenho de parâmetros de crescimento.

3.5. Enzimas digestivas

Digestão pode ser definida como a elaboração do alimento em compostos mais simples, para posterior absorção, incluindo processos mecânicos (mastigação e contrações do tubo digestivo), químicos (ação das enzimas secretadas pelo animal) e microbianos (ação de bactérias e protozoários) (DE SILVA; ANDERSON, 1995; LOVELL, 1998; ROTTA, 2003). Durante a digestão, a proteína ingerida é hidrolisada, liberando peptídeos e aminoácidos livres, os carboidratos são hidrolisados em açúcares simples e as gorduras em ácidos graxos e glicerol. Participam desses processos citados acima, as enzimas digestivas, as quais são secretadas nas glândulas anexas do aparelho digestivo (BACILA, 2003).

Enzimas podem ser definidas como proteínas catalisadoras que aumentam a velocidade das reações, ou seja, dirigem todos os eventos metabólicos (CHAMPE; HARVEY, 1997). Neste contexto, as enzimas digestivas são conhecidas como hidrolases, as quais dividem-se conforme sua ação fisiológica em proteases: tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidase, elastase, colagenase; lipases, esterases e carboidrases: amilases (DE SILVA; ANDERSON, 1995; BALDISSEROTTO, 2009).

A digestão das proteínas tem início no estômago, exceto em peixes que não possuem este tecido, através das secreções ácidas em conjunto com proteases como pepsina (BOMBARDELLI et al., 2003). A pepsina, juntamente com ácido clorídrico hidrolisa parcialmente as proteínas em polipeptídios de cadeia curta. A pepsina é ativa em pH 1,5 a 3,0, atuando principalmente na

quebra de ligações peptídicas envolvendo aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) (LOVELL, 1998). Na ausência de alimentos o pH gástrico tende a neutralidade, refletindo na atividade enzimática (SEIXAS FILHO, 2003). O pH ótimo para a atividade proteásica é bastante variável em função da espécie. Segundo Seixas Filho (2003), a atividade proteásica máxima em truta arco-íris ocorre em pH 2,8 e temperatura entre 40 a 45°C. No entanto, Furné et al. (2005) encontraram atividade proteásica das espécies *Oncorhynchus mykiss* e *Acipenser naccarii* em pH 1.5, 3.0 e 4.0. Outro fator que pode refletir na atividade e diminuição proteásica é a queda de temperatura.

Lundstedt et al. (2004), encontraram elevada atividade proteolítica no estômago de *Pseudoplatystoma corruscans*, o que foi associado com o hábito alimentar desta espécie, independente do aumento do conteúdo de proteína na dieta.

O pâncreas é a fonte primária de várias enzimas como protease básica, amilase, maltase e lipase (LOVELL, 1998; SEIXAS FILHO, 2003). No intestino delgado encontram-se dois grupos de proteases inativas, endopeptidases e exopeptidases, as quais são secretadas pelo pâncreas. O primeiro grupo é composto por tripsinogênios, quimiotripsinogênios e elastase e o segundo é formado por carboxipeptidases A e B, respectivamente (BOMBARDELLI et al., 2003), estes grupos de enzimas apresentam certo grau de especificidade. A transformação de enzimas inativas para ativas ocorre por meio de hidrólise de uma ou mais ligações peptídicas (BACILA, 2003), isto ocorre através da ação da enzima enteroquinase a qual ativa o tripsinogênio, sendo assim o tripsinogênio na forma de tripsina irá ativar o restante do tripsinogênio e quimiotripsinogênio. A tripsina e quimiotripsina clivam as cadeias polipeptídicas em pequenos peptídios (BOMBARDELLI et al., 2003), sendo muito específicas em sua ação, ou seja, exercem seu efeito em um ponto particular dentro da molécula. A tripsina atua sobre ligações peptídicas entre arginina e lisina e a quimiotripsina hidrolisa a ligação ao lado da carboxila (DE SILVA; ANDERSON, 1995). Após a hidrólise das proteínas, os aminoácidos livres resultantes desta ação são absorvidos para o sistema porta e a partir daí levados para a circulação geral por meio do fígado.

O conhecimento exato da quantidade e especificidade de cada enzima é um instrumento importante para obter respostas sobre o processo digestivo do animal, a digestibilidade de novos alimentos (LUNDSTEDT et al., 2004; STECH et al., 2009) e o hábito alimentar dos peixes (DEBNATH et al., 2007). Segundo estes autores, o tipo, a fonte e quantidade de nutrientes

podem alterar o perfil de enzimas e sua concentração no trato digestivo. Neste âmbito, pesquisas envolvendo secreções digestivas em peixes têm ajudado a definir os limites de proteína e carboidratos na dieta e assim proporcionar uma alimentação artificial adequada (FURNÉ et al., 2005). A digestão, absorção de nutrientes e interações metabólicas influenciam diretamente o crescimento dos animais (STECH et al., 2009).

A capacidade do peixe em digerir frações de alimentos é proporcional a presença e quantidade de enzimas digestivas, ou seja, o perfil da secreção enzimática digestiva de peixes adapta-se de acordo com a composição da dieta. Geralmente, espécies carnívoras apresentam capacidade limitada de adaptação em comparação às espécies onívoras (MORO et al., 2010).

Furné et al. (2005), avaliando enzimas digestivas de espécies carnívoras encontraram maior atividade proteolítica em truta arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) quando comparado com Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*), podendo ser um indicativo de pobre utilização digestiva de macronutrientes pelo sturgeon.

Em dietas para alevinos de *Labeo rohita*, o nível de proteína bruta acima de 25% promove aumento da atividade de enzimas proteolíticas (DEBNATH et al., 2006). Melo (2004), avaliando o efeito do aumento da concentração da proteína na dieta sobre enzimas digestivas observou aumento de forma linear da atividade proteolítica ácida inespecífica em relação ao aumento do conteúdo da proteína da dieta em jundiás, este comportamento também foi observado nas enzimas tripsina e quimiotripsina, sugerindo um caráter adaptativo destas enzimas frente ao conteúdo protéico da dieta. Já, Lundstedt et al. (2004), não encontraram relação entre atividade de enzimas proteolíticas com o aumento da proteína na dieta para *Pseudoplatystoma corruscans*. Também é observado que a fonte protéica utilizada na dieta influencia a atividade de enzimas proteolíticas (LAZZARI et al., 2010; LIN; LUO, 2011).

Em relação às enzimas carboidrases, há grande número no intestino de peixes (HALVER, 1989), as quais são mais ativas em espécies onívoras e herbívoras que carnívoras (KROGDAHL et al., 2004; LAZZARI et al., 2010). A mais comum é a amilase produzida pelo pâncreas, que atua em ligações glicosídicas α -1,4 encontradas no amido e moléculas similares (LOVELL, 1998; KROGDAHL et al., 2004). Segundo Krogdahl et al. (2004), a atividade da amilase intestinal correlaciona-se positivamente com o nível de carboidrato na dieta e intensidade alimentar. De acordo com Furné et al. (2005), *Acipenser naccarii* é uma espécie carnívora mas pode digerir níveis mais elevados de carboidratos, apresentando características de espécies onívoras. Em

carpas, não há participação das células da mucosa intestinal na formação de amilase, somente o pâncreas é considerado o centro de produção (SEIXAS FILHO, 2004). De acordo com este autor, em truta arco íris a atividade amilásica aumenta com o consumo do alimento, aumento da temperatura e salinidade da água.

4. ARTIGO I

FONTES PROTEÍCAS ALTERNATIVAS NA NUTRIÇÃO DE JUNDIÁ: FARELOS DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA*

Fernanda Rodrigues Goulart⁽¹⁾, Leila Picolli da Silva⁽¹⁾, Caroline Sefrin Speroni⁽¹⁾, Naglezi de Menezes Lovatto⁽¹⁾, Bruno Loureiro Bianchi⁽¹⁾, Ana Betine Bender⁽¹⁾ e João Radünz Neto⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, no 1.000, Prédio 84, Laboratório de Piscicultura, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: fernanda.zoo@bol.com.br, leilasliva@yahoo.com.br, carolinesperoni@gmail.com, naglezilovatto@hotmail.com, brunodino_zoo@hotmail.com, betinebender@hotmail.com, jradunzneto@gmail.com.

* Artigo Científico submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Fontes protéicas alternativas na nutrição de jundiá: farelos de linhaça *in natura* e demucilada

Resumo - Foram estudados efeitos metabólicos da substituição parcial de fonte protéica de origem animal pela proteína bruta (PB) dos farelos de linhaça *in natura* (FL) e demucilada (FLD) na dieta de juvenis de jundiá. Os tratamentos avaliados foram: dieta controle; 17%FL: (17% substituição da PB de origem animal pela PB do FL); 17%FLD: (17% substituição da PB de origem animal pela PB do FLD) e 35%FLD: (35% de substituição da PB de origem animal pela PB do FLD). Durante sete semanas, 240 juvenis de jundiá (peso médio inicial $14,49 \pm 1,85$ g) foram criados em sistema de recirculação de água e alimentados até a saciedade aparente, três vezes ao dia. Ao final do período experimental, os parâmetros sanguíneos de triglicérides, albumina e proteínas totais não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, contudo maiores níveis de colesterol ($178,72 \pm 10,71$) e glicose plasmática ($62,71 \pm 5,16$) foram encontrados no tratamento 35%FLD. Os parâmetros hepáticos não foram afetados pelos tratamentos. A composição do farelo de linhaça após o processo de demucilagem apresentou maior teor de PB e menor de fibra solúvel, concluindo-se que este farelo pode ser utilizado na dieta de jundiá, sem comprometer os parâmetros metabólicos analisados.

Termos para indexação: *Rhamdia quelen*, peixe, metabolismo, demucilagem.

Alternative protein sources in the nutrition of catfish: linseed meal *in nature* and demucilaged

Abstract - We studied the metabolic effects of partial replacement of animal protein source for PB linseed meal *in nature* (LM) and demucilaged (LMD) in the diet of juvenile catfish. The treatments were: control diet; 17%FL (17% replacement of animal PB by LM); 17%FLD (17% replacement of animal PB by LMD) and 35%FLD (35% replacement of animal origin PB by LMD). During seven weeks, 240 juvenile catfish (14.49 ± 1.85 g) were reared in water recirculation system and fed to apparent satiation three times a day. When end of the experiment, blood parameters triglycerides, albumin and total protein did not differ between treatments, since the highest levels of cholesterol and plasma glucose were found in 35%FLD treatment (178.72 ± 10.71) and ($62, 71 \pm 5.16$), respectively. The liver parameters were not affected by treatments. The composition of linseed meal demucilagem after the process had a higher PB content and lower soluble fiber, concluding that this meal can be used in the diet of catfish without compromising metabolic parameters analyzed.

Index terms: *Rhamdia quelen*, fish, metabolism, demucilagem

4.1. Introdução

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie de peixe nativo que têm atraído piscicultores e despertado o interesse para a produção comercial, pois se adapta facilmente a alimentação à base de ração, além de apresentar bom rendimento de carcaça, ausência de espinhos no filé e características favoráveis ao cultivo intensivo (Baldisserotto & Radünz Neto, 2004). Porém, seu custo de cultivo intensivo é considerado alto, principalmente pela significativa participação de farinhas de peixe e de carne na composição de suas rações, que são insumos cada vez mais escassos e caros no mercado mundial (Takahashi, 2005; Naylor et al., 2009). Uma forma de baratear os custos sem perder a qualidade da ração é a substituição de fontes de proteína animal por fonte protéica vegetal, as quais possuem composição química homogênea, grande disponibilidade no mercado e menor preço em relação à fonte protéica de origem animal (Barroso et al., 2002; Pedron et al., 2008).

A linhaça (*Linum usitatissimum L.*) é uma planta anual cultivada em estações frias (Baldanzi et al., 1988). Após extração do óleo de seus grãos, tem-se como subproduto o farelo, que possui elevado teor protéico (média de 30%), sendo comumente destinado à produção de ração para animais ruminantes (Oomah & Mazza, 1993). No entanto, na dieta de não ruminantes esta fonte vem sendo incluída em menor proporção, pela expressiva presença de mucilagem (Bhatty, 1993), além de ácido fítico (Oomah et al., 1996), ácido hidrocianídrico e inibidores de tripsina. A elevada quantidade de polissacarídeos solúvel em água (mucilagem), em média de 8% do peso da semente (Mazza & Biliaderiz, 1989), aumenta a viscosidade do conteúdo intestinal (Rodríguez et al., 2001; Alzueta et al., 2003), dificultando a digestão e absorção de nutrientes. Desta forma, a remoção deste constituinte proporciona melhorias na digestibilidade do farelo de linhaça. Adicionalmente, a mucilagem extraída e isolada ainda pode ser comercializada com alto

valor agregado devido ao seu excelente potencial como hidrocolóide, empregando-a em indústrias alimentícias e cosméticas (Monego, 2009).

O efeito da remoção de fatores antinutricionais de ingredientes alimentares pode ser verificado em respostas do metabolismo intermediário dos animais. Atualmente, há poucos trabalhos que avaliam o perfil metabólico dos tecidos de peixes. Contudo, através da determinação de certos intermediários e parâmetros enzimáticos é possível conhecer o estado fisiológico do animal (Lundstedt et al., 2004), as variações metabólicas entre os tecidos e sua relação com os nutrientes da dieta (Melo et al, 2006; Belal, 2005; Camilo, 2007). Embora, o metabolismo protéico ocorra em vários órgãos do corpo, os principais responsáveis são o fígado e o músculo, em menor proporção (Seixas Filho, 2004). O conhecimento sobre parâmetros metabólicos hepáticos para jundiás são restritos. A partir disso, o presente trabalho teve como objetivo estudar efeitos metabólicos da substituição parcial de fonte protéica de origem animal pela proteína bruta dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada, na dieta de juvenis de jundiá.

4.2. Materiais e métodos

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria– RS (altitude 95 m, longitude 29°43’S, latitude 53°42’W), após aprovação do Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da UFSM, sob n° 23081.004070/2011-41.

Processo de extração da mucilagem

A linhaça (variedade Normandy) foi obtida da Indústria de óleos vegetais Giovelli, localizada em Guarani da Missões – RS. A mucilagem da linhaça foi extraída do grão inteiro em meio aquoso, na concentração 10% p/v, sob temperatura de 60 a 80°C e agitação constante, por

150 minutos. O sobrenadante foi retirado e acrescido de etanol 93% (concentração alcoólica final de 75%), com a finalidade de precipitar a fibra solúvel. Os grãos foram secos em estufa de ar forçado a 50°C por 48 horas se necessário. O procedimento de extração teve como base experimental a metodologia descrita por Monego (2009). Após a secagem do grão demucilado, foi extraído o óleo deste e do grão integral, através de solvente orgânico hexano, na concentração 2:1(v/p), por 30 minutos cada lavagem, realizando-se quatro lavagens. Nos farelos de linhaça *in natura* e demucilada foram determinados o teor de umidade e o conteúdo de cinzas de acordo com AOAC (1995). A proteína bruta foi determinada pelo método de microKjeldahl da AOAC (1995). A gordura foi extraída e quantificada seguindo o método de Bligh e Dyer (1959). Já os teores de fibra alimentar total (FT) e insolúvel (FI) foram determinados conforme o método enzimático gravimétrico número 991.43, de acordo com a AOAC, sendo a fibra solúvel (FS) determinada por diferença. O perfil de aminoácidos dos farelos foram analisados por Cromatografia Líquida de Alto Desempenho (HPLC) conforme Bernal et al. (2008).

O rendimento de extração da mucilagem de linhaça foi calculado usando a seguinte fórmula matemática:

$$\% \text{ de rendimento} = \frac{\text{Gramas de mucilagem obtida} \times 100}{\text{Peso da amostra (semente de linhaça)}}$$

Procedimento experimental

Foram utilizados 240 juvenis de jundiá (20 animais/unidade experimental) com peso médio inicial de $14,49 \pm 1,85$ gramas e comprimento médio inicial $11,74 \pm 0,61$ cm, distribuídos em doze caixas de polipropileno com capacidade de 320 L (280 litros de volume útil), com entrada e saída d'água individuais, dispostas em um sistema de recirculação de água, dois filtros biológicos com pedra britada e um reservatório (2000L), com temperatura controlada e sistema de aeração.

Os peixes foram alimentados por sete semanas com dietas isocalóricas e isoprotéicas (Tabela 1), onde os farelos de linhaça *in natura* e demucilada substituíram parcialmente a fonte protéica de origem animal. Os tratamentos foram os seguintes: dieta controle; dieta 17%FL: 17% da proteína bruta (PB) do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos.

As dietas experimentais foram fornecidas aos peixes três vezes ao dia, às 9, 13 e às 17 horas, até a saciedade aparente dos animais. As 8 e às 16 horas, foram realizadas sifonagens, para remoção de resíduos.

A temperatura da água foi monitorada diariamente, com termômetro de bulbo de mercúrio e o oxigênio dissolvido foi medido com o auxílio de oxímetro digital (YSYellowsprings– USA). Os demais parâmetros de qualidade da água, bem como, pH, alcalinidade, amônia total e dureza total foram analisados semanalmente através de kit colorimétrico Alfakit®, e nitrito (ppm) foi analisado pelo método descrito por Boyd e Tucker (1992). Os parâmetros de qualidade de água do sistema de criação durante o período experimental foram os seguintes: temperatura ($24,9 \pm 1,51$), amônia total ($0,1 \pm 0,06$ ppm), nitrito ($0,1 \pm 0,1$ ppm), alcalinidade ($48,77 \pm 13,70$

mgCaCO₃/L), dureza (56,38±34,61 mgCaCO₃/L), pH (7,28±0,25) e oxigênio dissolvido (6,72±0,43 ppm), estando dentro da faixa ideal para cultivo de jundiá (Baldisserotto & Radünz Neto, 2004).

Coleta de dados

Após sete semanas de alimentação, os animais passaram por jejum de 24 horas tendo sido colhidas amostras de sangue de três juvenis por unidade experimental, por punção do vaso caudal, utilizando-se seringas previamente heparinizadas. Foram avaliados os seguintes parâmetros metabólicos plasmáticos: glicose, proteínas totais circulantes, albumina, triglicerídeos e colesterol, utilizando-se kits comerciais da marca Doles®. Após a coleta de sangue, três peixes por unidade experimental foram abatidos por punção cervical para coleta do tecido hepático para análise dos parâmetros: glicose, lactato, glicogênio, proteína, amônia e aminoácidos livres.

A concentração de glicose hepática foi determinada pelo método de Park & Johnson (1949). Este método consistiu na incubação de alíquota de amostra em meio contendo ferricianeto de potássio, carbonato de sódio, por 15 minutos em banho maria fervente. Logo após foi adicionado, sulfato férrico de amônio e solução ácida com lauril sulfatado de sódio. A leitura foi realizada em espectrofotômetro, absorbância de 660 nm.

O glicogênio hepático foi extraído a quente em 10 volumes de KOH a 30% (peso/volume), durante 10 min. Após a dissolução do tecido, os tubos foram colocados em gelo por 5 min. Um ml desta mistura foi transferido para outro tubo com 1 ml de etanol (95%). Logo após, os tubos foram colocados em banho maria a 70°C por 10 minutos, esfriados em gelo (10 minutos) e centrifugados a 2000 rpm/10 minutos. O sobrenadante foi desprezado, e o precipitado

ressuspendido em 0,2 ml de HCL 5N e água destilada. O conteúdo de glicogênio obtido pela extração foi quantificado pelo Reagente de Iodo (Krisman, 1962).

O conteúdo de aminoácidos livres foi determinado segundo Copley (1941). As amostras foram adicionadas 1,5ml de solução ninhidrina 0,5% em propanol. A reação foi realizada em 40°C por 15 minutos, sendo a leitura realizada em 570 nm.

O lactato hepático foi estimado segundo o método de Harrower & Brown (1972). As amostras foram incubadas com 20µl de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 4% e 3ml de ácido sulfúrico concentrado em banho maria fervente por 5 minutos. Logo após, foram esfriadas em água gelada e adicionado 80µl de p- fenilfenol, permanecendo em repouso por 1 hora, sendo realizada agitação dos tubos a cada 20 minutos. Após o repouso de 1 hora foram fervidos por 90 segundos e logo, resfriados em banho de gelo. A leitura óptica foi realizada em 570nm.

Para verificação de amônia, determinado volume de extrato foi adicionado de salicilato de sódio 40%, nitroprussiato de sódio 0,02% e partes iguais de hipoclorito de sódio 5-6% mais citrato alcalino, após 40 minutos no escuro foi realizada leitura óptica em 595nm.

A proteína do extrato hepático foi determinada pelo método de Lowry et al. (1951), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído de quatro tratamentos e três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância. Os resultados dos parâmetros sanguíneos estão expressos como média \pm erro padrão e o restante dos dados como média \pm desvio padrão.

4.3. Resultados e discussão

O rendimento médio da extração da mucilagem da linhaça utilizada na composição das dietas testadas foi $7,18 \pm 1,54\%$, estando de acordo com os resultados obtidos por Monego (2009). A composição química e aminoacídica dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada encontram-se nas figuras 1 e 2, respectivamente. O processo de extração da mucilagem reduziu em aproximadamente 50% o teor de fibra solúvel do farelo de linhaça (11,95% para FL versus 6,09% para FLD). O processo de demucilagem também resultou em aumento de proteína bruta, aminoácidos essenciais e diminuição na concentração de minerais, estando de acordo com os resultados obtidos por Alzueta et al. (2003). Além disso, tem sido relatado que a remoção prévia da goma da linhaça promove a concentração de gordura, aumentando a eficiência de extração do óleo (Alzueta et al., 2003; Monego, 2009).

No ensaio biológico foi observado que a substituição parcial da proteína de origem animal pelos farelos de linhaça *in natura* e demucilada não provocaram alterações significativas nos níveis plasmáticos de triglicerídeos, proteínas totais e albumina (Tabela 2). Juvenis de jundiá alimentados com a dieta 35%FLD apresentaram maiores níveis de glicose ($62,71 \pm 5,16$), entretanto, os valores obtidos encontram-se dentro da faixa considerada normal para a espécie (43 a 78 mg/dL) descrita por Borges et al. (2004). Os peixes, na grande maioria, têm o comportamento similar ao de animais diabéticos, ou seja, mesmo quando forem incluídas pequenas quantidades de carboidratos na sua dieta, a resposta poderá ser marcada com aumento expressivo nos níveis de glicose no sangue (Bacila, 2003). Vale ressaltar que Johnson & Gee (1981), encontraram reduzido transporte intestinal de glicose *in vitro* devido à formação de gel a partir da goma guar no jejuno de ratos sendo atribuído ao espessamento da camada de água que recobre as vilosidades intestinais.

Maiores níveis de colesterol total foram encontrados na dieta 35%FLD em relação aos outros tratamentos, e numericamente menores valores foram observados no tratamento 17%FL. Discordando dos resultados obtidos no presente estudo Bergamin et al. (2011), testaram a substituição parcial da farinha de carne suína por farelos vegetais em dietas para juvenis de carpa húngara (*Cyprinus carpio*) e encontraram maiores níveis de colesterol nos peixes alimentados com farelo de linhaça *in natura*. Porém, Corrêia (2010) encontrou menores níveis sanguíneos de colesterol total para juvenis de jundiá e carpa húngara alimentados com fontes vegetais como aveia e farelo de arroz desengordurado em relação aos animais que receberam a dieta controle. Apesar de resultados controversos, provavelmente o mecanismo responsável por este efeito hipolipidêmico na dieta 17%FL relaciona-se com a capacidade das fibras em absorver ácidos biliares, provocando aumento do desvio do colesterol endógeno para uma nova síntese de ácidos graxos. Além disso, as fibras apresentam a característica de aumentar o bolo fecal diminuindo a absorção e os níveis séricos de colesterol e glicose (Meurer & Hayash 2003; Food Ingr. Brasil, 2008). Os maiores níveis de colesterol nos peixes da dieta 35%FLD podem estar relacionados à necessidade de maior inclusão de óleo de soja nesta dieta para que todos os tratamentos testados mantivessem os níveis de energia semelhante.

Os parâmetros hepáticos lactato, glicogênio, glicose, proteína, amônia e aminoácidos livres não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 3).

Os processos de digestão e absorção de nutrientes podem ser melhorados através da manipulação de dietas, entretanto é fundamental também conhecer as interações físico-químicas que ocorrem entre as diferentes moléculas que compõem os nutrientes e as interações que ocorrem durante os processos de digestão e de absorção, os quais são determinantes do grau de utilização de um alimento específico por uma espécie particular de animal em um determinado estágio fisiológico (Bacila, 2003).

Dietas deficientes em componentes energéticos, assim como lipídios e carboidratos, levam a utilização de proteínas como fonte de energia para as necessidades basais (Lundstedt et al. 2004). Neste contexto, o tecido hepático tem como características processar, abastecer e ou fornecer uma combinação de nutrientes para todos os outros órgãos e tecidos por meio da circulação, exercendo papel central no metabolismo (Lovell, 1998). A proteína digerida libera aminoácidos, os quais são subsequentemente utilizados para a síntese de novas proteínas ou para energia (De Silva & Anderson, 1995). Logo, quando se tem demasiada proteína na dieta esta é excretada principalmente na forma de amônia, a qual é produzida pela desaminação oxidativa, e que não deve ser acumulada no organismo caso não seja reutilizada, devido ao seu efeito tóxico para o corpo (Filho, 2004). Neste trabalho foi possível observar que a concentração de amônia encontra-se semelhante para todas as dietas testadas, sugerindo que a substituição da proteína de origem animal por fonte vegetal e também a fibra solúvel presente no farelo de linhaça *in natura* não afetaram a quantidade de proteína aproveitada pelo jundiá e excretada na forma de amônia. E que os componentes energéticos presentes na dieta estão sendo suficientes para atender as necessidades basais. Além disso, a concentração de proteína hepática e aminoácidos livres também foram semelhantes entre os tratamentos, sugerindo que os níveis e a fonte de proteína de origem vegetal utilizada na dieta teve a mesma eficiência no metabolismo de animais que receberam níveis maiores de fonte protéica animal.

Glicogênio é a forma de reserva de carboidratos no fígado, quando necessário é requerido pelo organismo e então quebrado e transportado para tecidos extra hepáticos na forma de glicose (Barcellos et al., 2010). A inclusão de proteína de origem vegetal na dieta de jundiá não promoveu diferença nos depósitos de glicogênio entre os tratamentos, sugerindo que os peixes dispenderam níveis similares de glicogênio hepático para manter o conteúdo de glicose circulante. Segundo Filho (2004), a glicemia basal de peixes é mantida constante, até mesmo para

espécies que ingerem pequenas quantidades de carboidratos, principalmente pela via glicogênica, sendo que uma parcela de aminoácidos endógeno e /ou exógeno é desviada para a produção de glicose, sendo então utilizada para fins energéticos.

Segundo, Lundstedt et al. (2004), o perfil metabólico é um reflexo da dieta que o animal recebe. Neste caso percebe-se que os farelos de linhaça *in natura* e demucilada podem substituir a farinha de carne e ossos sem causar comprometimento nos intermediários metabólicos avaliados.

Observando os resultados, é possível inferir que pelo fato do jundiá possuir hábito alimentar onívoro e habitualmente receber dietas com consideráveis níveis de fontes vegetais, apresenta potencial de adaptação a dietas ricas em fontes vegetais, não interferindo na sua capacidade de metabolizar níveis elevados destes ingredientes na dieta. É ideal que estudos sobre parâmetros metabólicos de peixes continuem sendo conduzidos de forma intensiva, pois servem como indicadores do estado nutricional, além de proporcionar outras contribuições importantes para a nutrição e criação destes animais.

4.4. Conclusão

O processo de demucilagem no farelo de linhaça resultou em aumento nos macronutrientes e aminoácidos essenciais, melhorando sua composição nutricional.

A utilização dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada neste experimento não prejudicaram os parâmetros metabólicos analisados.

4.5. Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor. Ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e iniciação científica.

À Giovelli/Indústria de óleos vegetais, pela doação da semente de linhaça para a realização do experimento.

4.6. Referências

ALZUETA, C.; RODRIGUEZ, M.L., CUTULI, M.T.; REBOLE, A; ORTIZ, L.T.; CENTENO, C.; TREVINO, J. Effect of whole and demucilaged linseed in broiler chicken diets on digesta viscosity, nutrient utilization and intestinal microflora. **British Poultry Science**, v.44, p. 67-74, 2003.

AOAC. Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analyses of the AOAC International**. 16. ed. Supplement 1998. Washington: AOAC, 1995. 1018 p.

BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. 2ª edição, Editora: Robe editorial, 2003.

BALDANZI, G.; BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; MANARA, W.; MANARA, N. T. F.; VEIGA, P.; JARRAGO, M. F. S. **As lavouras de inverno: cevada – tremoço – linho – lentilha**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. (Coleção do Agricultor).

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

BARCELLOS, L.J.G; MARQUEZE, A.; TRAPP, M.; QUEVEDO, R.M.; FERREIRA, D. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 300, 231–236, 2010.

BARROSO, M.V.; CASTRO, J.C.; AOKI, P.C.M.; HELMER, J.L. Valor Nutritivo de Alguns Ingredientes para o Robalo (*Centropomus parallelus*). **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.6, p.2157-2164, 2002.

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

BERGAMIN, G.T.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; LAZZARI, R.; MASCHIO, D.; KNAPP, V. Fontes protéicas vegetais na alimentação da carpa húngara. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1660-1666, 2011.

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**, v. 1192, p.266-272, 2008.

BHATTY, R.S. Further compositional analyses of Flax: Mucilage, Trypsin inhibitors and Hydrocyanic Acid. **JAOCs**, v. 70, n.9, 1993.

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

BOYD, E.; TUCKER, C.S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. **Auburn University**, Auburn, 300 p. 1992.

BORGES, A.; SCOTTI, L.V.; SIQUEIRA, D.R.; JURINITZ, D.F.; WASSERMANN, G.F. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.30, p. 21–25, 2004.

CAMILO, R. Y. **Efeitos da adição de aminoácidos essenciais livres à dieta e da ausência de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo intermediário de juvenis de matrinxã (*Bryncon Amazonicus*)**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em genética) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

COPLEY, N.G. Alloxan and ninhydrin test. **The Analyst.**, v. 66, p. 492-493, 1941.

CORRÊIA, V. **Densidade de estocagem e fontes energéticas no cultivo intensivo de jundiá e carpa húngara**. 2010. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

FILHO, J.T.S. Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentar carnívoro e onívoro. **Augustus**, v. 09, n. 18, 2004.

FOOD INGR. BRASIL. Dossiê de fibras alimentares, n. 3, 2008. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>, Acesso em: 12 dez. 2011.

HARROWER, J.R.; BROWN, C.H. Blood lactic acid. A micromethod adapted to field collection of microliter samples. **J. Appl. Physiol.**, v.32, p. 224-228, 1972.

JOHNSON, I.T.; GEE, J.M. Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. **Gut**, v.22, p.398-403, 1981.

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

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

LOWRY, D.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with folin phenol reagent. **Journal of biological chemistry**, v.193, n.1, p.265-275, 1951.

- 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, n. 3. p. 331–339, 2004.
- MAZZA, G.; BILIADERIS, C.G. Functional properties of flax seed mucilage. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 1302-1305, 1989.
- MELO, J.F.B.; DIAS, M.T.; LUNDESTEDT, L.M.; MORAES, G. Efeito do conteúdo de proteína na dieta sobre os parâmetros hematológicos e metabólicos do bagre sul americano *Rhamdia quelen*. **Revista Ciência Agroambiental**, v.1, n.1, 2006.
- MEYER, G.; 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.
- MEURER, F; HAYASH, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes – revisão. **Arq. Ciên. Vet. zool. UNIPAR**, v.6, n. 2., p. 217-138, 2003.
- MONEGO, M.A. **Extração de fibra solúvel de torta de linhaça para uso como hidrocoloide na indústria de alimentos**. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NAYLOR, R.L.; HARDY, R.W.; BUREAU, D.P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELLE, A.P.; FORSTER, I.; GATLINF, D.M.; GOLDBURGH, R.J.; HUAC, K.; NICHOLSI, P.D. Feeding aquaculture in the era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.
- OOMAH, B.D.; MAZZA, G. Flaxseed proteins – a review. **Food Chem.**, v. 48, p. 109-114, 1993.

OOMAH, B. D.; KENASCHUK, E. O.; MAZZA, G. Phytic Acid Content of Flaxseed As Influenced by Cultivar, Growing Season, and Location. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 44, n. 9, p. 2663-2666, 1996.

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

PEDRON, F.A.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P.; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIVERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.93-98, 2008.

RODRÍGUEZ, M.L; ALZUETA, C.; REBOLE, A.; ORTIZ, L.T.; CENTENO, C.; TREVINO, J. Effect of inclusion level of linseed on the nutrient utilization of diets growing broiler chickens. **Br. Poult Science**, v. 42, p. 368-375, 2001.

TAKAHASHI, N.S. **Nutrição de peixes**. Instituto de Pesca, setembro de 2005. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/nutricao_peixes.pdf. Acesso em: 15 out. 2011

Tabela 1 - Formulação das dietas com diferentes níveis de farelo de linhaça *in natura* e demucilada para juvenis de jundiá

Ingredientes (%)	Tratamentos ¹			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
FCO	30	24,9	24,9	19,5
Milho	19,5	20	20	15
FADE ²	3,7	2,5	3,0	0
SPC60 ³	26	25	25	26,3
Far. linhaça <i>in natura</i>	0	10,57	0	0
Far. linhaça demucilada	0	0	9,45	19,45
Amido de milho	2,4	2,7	5,2	8
Óleo de soja	3,5	3	5,5	8,5
PVM ⁴	3	3	3	3
Fosfato bicálcico	3,64	1,5	1,19	0
Glutamato monossódico	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT ⁵	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcário calcítico	2,2	1,5	1,2	0
Inerte	5,8	5,07	1,3	0
DL-metionina	0	0,21	0,21	0,094
Composição centesimal ⁶				
Umidade	5,58	5,61	5,40	4,60
PB	37,11	36,25	36,34	36,20
EE	10,34	10,59	12,61	15,70
FDN	6,31	11,65	9,72	12,77
MM	10,21	13,48	7,87	6,03
Ca	3,78	2,68	2,48	1,40
P	1,99	1,42	1,35	0,85
ED (kcal/kg) ⁷	3218	3201	3200	3183

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35%FLD: 35% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos. PB = Proteína bruta; ED = Energia digestível; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; MM = Matéria Mineral; FCO: Farinha de carne e ossos; ²FADE: farelo de arroz desengordurado; ³SPC60: concentrado protéico de soja 60%; ⁴PVM = 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%.

⁵Butil hidróxi tolueno (BHT).

⁶Valores calculados e expressos na matéria natural.

⁷Calculada : 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).

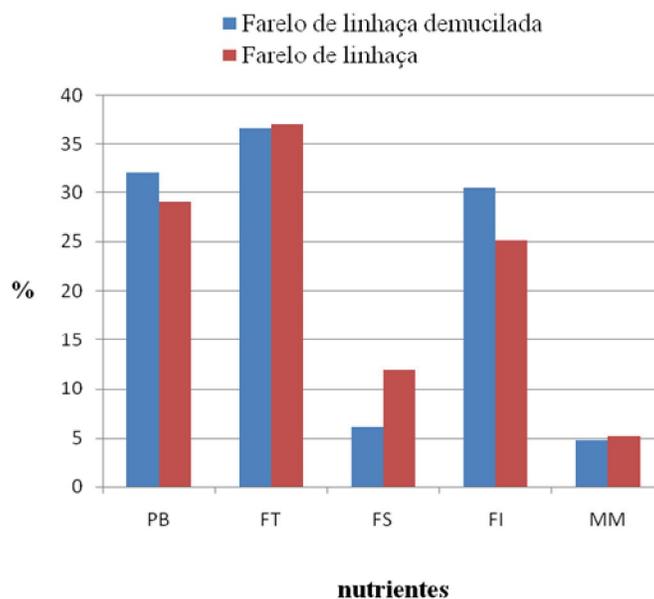


Figura 1. Composição determinada dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada (em porcentagem da matéria natural). PB = Proteína Bruta; FT = Fibra total; FS = Fibra solúvel; FI = Fibra insolúvel; MM = Matéria mineral.

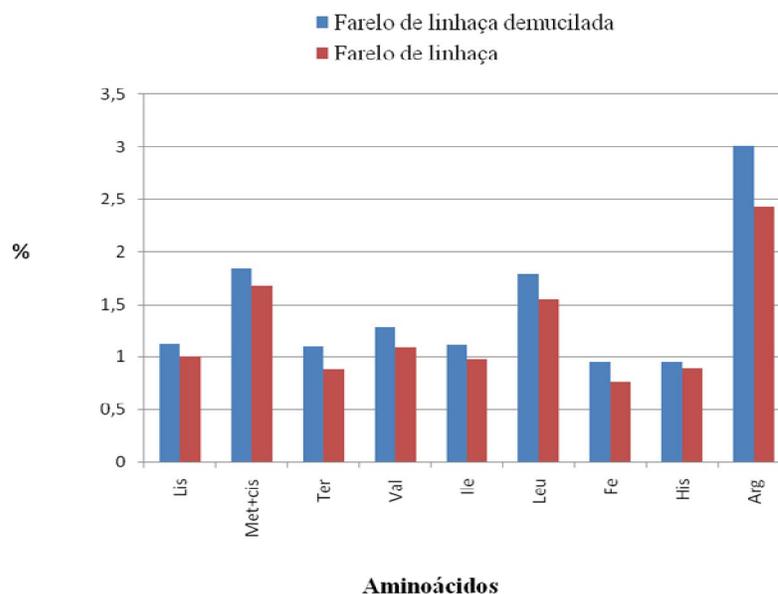


Figura 2. Composição de aminoácidos dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada (em porcentagem da matéria natural). Lis = Lisina; Met+cis = Metionina+cistina; Tr = Treonina; Val = Valina; Ile = Isoleucina; Leu = Leucina; Fe = fenilalanina; His = Histidina; Arg = Arginina; FLD = Farelo de linhaça demucilado; FL = Farelo de linhaça.

Tabela 2. Parâmetros sanguíneos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes proporções de farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos ¹			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
Glicose ²	50,12±2,41 ^b	56,52±3,68 ^{ab}	54,22±2,74 ^{ab}	62,71±5,16 ^a
Triglicerídeos ²	765,60±102,52	642,92 ±78,63	789,73 ±86,96	871,45 ±78,04
Colesterol ²	130,71± 3,24 ^b	121,31± 6,64 ^b	129,63± 2,95 ^b	178,72± 10,71 ^a
Proteínas totais ³	4,12±0,19	4,21±0,21	4,15±0,18	4,73±0,38
Albumina ³	0,82±0,059	0,89±0,15	0,76±0,055	0,78±0,07

¹17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos; ²mg/dL; ³g/dL; Médias ± erro padrão. Letras diferentes nas linhas da tabela representam diferença significativa (p<0,05).

Tabela 3. Intermediários metabólicos analisados no fígado de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes proporções de farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos ¹			
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD
Lactato ²	9,47±2,74	8,62±1,90	9,86±3,54	8,29±1,88
Glicogênio ³	9,46±4,0	7,08±3,66	6,21±4,06	5,78±2,47
Glicose ⁴	31,32±4,94	32,24±5,94	24,63±3,45	31,21±8,86
Proteína ⁵	25,46±4,33	19,21±8,12	21,14±6,97	24,28±3,18
Amônia ⁶	12,09±5,22	10,82±4,54	11,35±3,14	13,49±3,42
Aminoácidos livres ⁷	65,31±45,78	50,18±15,72	78,17±42,14	85,44±60,03

¹ 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos. Médias (±DP) de n-9; ²μmol lactato/g de tecido; ³ % glicogênio no fígado; ⁴μmol glicose/g de tecido; ⁵mg proteína/g de tecido; ⁶mM amônia/g de tecido; ⁷μg AA/g de tecido.

5. ARTIGO II

ATIVIDADE DE ENZIMAS DIGESTIVAS E PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE JUVENIS DE JUNDIÁ ALIMENTADOS COM FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA

Goulart, F.R.¹; Silva, L.P.⁴; Speroni, C.S.²; Lovatto, N.M.¹; Loureiro, B.B.³; Corrêia, V.¹.; Radünz Neto, J.⁴.

¹Programa de Pós graduação em Zootecnia (PPGZ), Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

²Curso de Química, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

³Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Laboratório de Piscicultura, Prédio 84, Departamento de Zootecnia, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

ATIVIDADE DE ENZIMAS DIGESTIVAS E PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE JUVENIS DE JUNDIÁ ALIMENTADOS COM FARELO DE LINHAÇA *IN NATURA* E DEMUCILADA

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial da proteína de origem animal (PBOA) pela proteína bruta dos farelos de linhaça demucilada (PBFLD) e *in natura* (PBFL) na dieta de jundiás, sobre parâmetros de crescimento e enzimáticos digestivos. Os tratamentos avaliados foram: dieta controle; 17%FL (17% substituição da PBOA pela PBFL); 17%FLD (17% substituição da PBOA pela PBFLD) e 35%FLD: (35% de substituição da PBOA pela PBFLD). Durante sete semanas, 240 juvenis de jundiá ($14,49 \pm 1,85$ g) foram criados em sistema de recirculação de água e alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia. Ao final do experimento foram avaliados parâmetros de crescimento, carcaça, composição centesimal no peixe inteiro e enzimas digestivas. Os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram menores valores de conversão alimentar ($p < 0,05$), no entanto, o restante dos parâmetros de crescimento não foram alterados pela inclusão dos FL e FLD. A dieta 35%FLD apresentou menor QI, teor de umidade e maior teor de gordura da carcaça, gordura total depositada e atividade da enzima tripsina. Pode-se concluir que os FL e FLD podem ser usados parcialmente para compor ração de jundiás como fonte alternativa e econômica.

Palavras-chave: *Rhamdia quelen*, peixe, fontes vegetais, polissacarídeos não amiláceos.

ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES AND GROWTH PARAMETERS OF JUVENILE CATFISH FED LINSEED MEAL *IN NATURE* AND DEMUCILAGED

Abstract

This study was to evaluate the effect of partial replacement of animal protein (PBOA) for crude protein demucilaged linseed meal (PBFLD) and *in nature* (PBFL) in the diet of silver catfish on growth parameters and digestive enzyme. The treatments were: control diet; 17%FL (17% replacement of the PBOA by PBFL); 17%FLD (17% replacement PBFLD by PBOA) and 35%FLD: (35% replacement PBFLD by PBOA). Over seven week, 240 juvenile catfish (14.49 ± 1.85 g) were reared in water recirculation system and fed to apparent satiation three times a day. At the end experimental parameters were evaluated for growth, carcass, chemical composition in whole fish and digestive enzymes. The fish fed control diet had lower levels of feed conversion ($p < 0.05$), however the remainder of the growth parameters were not altered by the inclusion of FL and FLD. Diet 35%FLD had a lower QI, moisture content and higher carcass fat, total fat deposited and activity of the enzyme trypsin. It can be concluded that the FLD and FL can be used partially to form silver catfish feed as an alternative source and cost.

Keywords: *Rhamdia quelen*, fish, plant sources, non-starch polysaccharides.

5.1. Introdução

Em sistemas criatórios intensivos de peixes é necessário o emprego de dietas nutricionalmente balanceadas. Porém, o gasto com alimentação poderá representar de 60 a 80% dos custos de produção (PASCOAL et al., 2006), sendo que grande parte destes valores é originária do elevado valor de fontes protéicas de origem animal, principalmente da farinha de peixe, a qual é amplamente utilizada mundialmente. Neste âmbito, uma das alternativas para otimizar os gastos com alimentação é a utilização de produtos e co-produtos da origem vegetal (SANTOS et al., 2008), atuando como prática econômica alternativa (NAYLOR et al., 2009).

Fontes vegetais apresentam vantagens em relação aos ingredientes de origem animal, tais como, composição química homogênea, baixo custo e maior disponibilidade no mercado (PEDRON et al., 2008; SINHA et al., 2011). Porém, muitas delas são constituídas de altos níveis de polissacarídeos não amiláceos (PNA) (MEURER; HAYASHI, 2003), como aqueles que formam a mucilagem presente no farelo de linhaça. Estes PNAs tem facilidade em se incorporar à água e formar géis no trato gastrintestinal de animais não ruminantes, retardando o esvaziamento gástrico e reduzindo a ingestão de alimentos, o que resulta em menor ganho de peso (RODRÍGUEZ et al., 2001; ALZUETA et al., 2002; JIA; SLOMINSKI, 2010). Leenhouwers et al. (2006), testaram níveis de inclusão de goma guar na dieta de bagre africano e verificaram que houve aumento da viscosidade intestinal com níveis de inclusão de 40g kg⁻¹ e 80 g kg⁻¹ de PNA, entretanto, a taxa de crescimento relativo e conversão alimentar aparente não foram afetadas. Na dieta de frangos, a mucilagem da linhaça não alterou a digestibilidade ileal aparente de proteína bruta e aminoácidos individuais; porém, a digestibilidade fecal aparente de ácidos graxos e gordura foram linearmente negativamente influenciadas pelo nível de inclusão de mucilagem de linhaça (REBOLÉ et al., 2002). Sendo assim, baixas proporções de farelo de linhaça têm sido utilizadas nas dietas de animais não ruminantes. Segundo Alzueta et al. (2002), uma forma de diminuir estes fatores é através da remoção da mucilagem, pois proporciona melhorias no seu valor nutritivo, devido a redução da viscosidade da digesta, fazendo com que os nutrientes sejam melhor aproveitados.

O melhor aproveitamento de fontes protéicas de origem vegetal é especialmente importante na nutrição de peixes de hábito onívoro como o jundiá (*Rhamdia quelen*). Pois esta espécie tem demonstrado grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura brasileira, uma

vez que se adapta em ampla faixa de temperatura e à alimentação artificial formulada com distintos ingredientes. Estudos sobre secreções digestivas em peixes têm ajudado a definir os limites de proteína e carboidratos na dieta uma vez que, a partir do perfil de enzimas digestivas, é possível prognosticar a habilidade das diversas espécies em utilizar diferentes nutrientes (LUNDSTEDT et al., 2004; FURNÉ et al., 2005). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a substituição parcial da proteína bruta da farinha de carne e ossos por farelo de linhaça *in natura* e demucilada sobre parâmetros de crescimento e enzimas digestivas de juvenis de jundiá.

5.2. Materiais e métodos

1. Local

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS (altitude 95 m, longitude 29°43’S, latitude 53°42’W), entre os meses de fevereiro a abril de 2011.

2. Obtenção do farelo demucilado de linhaça

A linhaça (variedade Normandy) foi obtida da Indústria de óleos vegetais Giovelli, localizada em Guarani da Missões – RS. A mucilagem da linhaça foi extraída do grão inteiro em meio aquoso, na concentração 10%p/v, sob temperatura de 60 a 80°C e agitação constante, por 150 minutos. O sobrenadante foi retirado e acrescido de etanol 93% (concentração alcoólica final de 75%), com a finalidade de precipitar a fibra solúvel. Os grãos foram secos em estufa de ar forçado a 50°C por 48 horas se necessário. O procedimento de extração teve como base experimental a metodologia descrita por Monego (2009). Após a secagem do grão demucilado, foi extraído o óleo deste e do grão integral, através de solvente orgânico hexano, na concentração 2:1(v/p), por 30 minutos cada lavagem, realizando-se 4 lavagens.

3. Ensaio Biológico

3.1. Instalações

Foram utilizadas doze caixas de polipropileno com capacidade de 320 L (280 litros de volume útil), com entrada e saída individuais, dispostas em sistema de recirculação de água, dois

filtros biológicos com pedra britada e um reservatório (2000L), com temperatura controlada e sistema de aeração.

3.2. Animais

Foram utilizados 240 juvenis de jundiá (20 animais por unidade experimental), com peso médio inicial de $14,49 \pm 1,85$ gramas e comprimento médio inicial $11,74 \pm 0,61$ cm, oriundos do Laboratório de Piscicultura da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo – RS. Os peixes passaram por um período de adaptação de dez dias recebendo ração peletizada com 36% de proteína bruta, fornecida até a saciedade aparente.

3.3. Dietas experimentais

Os peixes foram alimentados por sete semanas com dietas isocalóricas e isoprotéicas (Tabela 1), onde a proteína bruta dos farelos de linhaça demucilada (forma reduzida de hidrocoloide) e *in natura* substituíram parcialmente a proteína de origem animal. Os tratamentos foram os seguintes: dieta controle; dieta 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; dieta 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; dieta 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos.

3.4. Manejo alimentar

As rações experimentais foram fabricadas no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. As dietas testadas foram fornecidas aos peixes três vezes ao dia, às 9, 13 e às 17 horas, até a saciedade aparente dos animais. As 8 e às 16 horas, foram realizadas sifonagens, para remoção de resíduos. A cada duas semanas foi realizada biomassa para acompanhamento do desenvolvimento dos peixes.

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais expressa em porcentagem

Ingredientes (%)	Tratamentos ¹			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
FCO	30	24,9	24,9	19,5
Milho	19,5	20	20	15
FADE ²	3,7	2,5	3,0	0
SPC60 ³	26	25	25	26,3
Far. linhaça <i>in natura</i>	0	10,57	0	0
Far. linhaça demucilada	0	0	9,45	19,45
Amido de milho	2,4	2,7	5,2	8
Óleo de soja	3,5	3	5,5	8,5
PVM ⁴	3	3	3	3
Fosfato bicálcico	3,64	1,5	1,19	0
Glutamato monossódico	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT ⁵	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcário calcítico	2,2	1,5	1,2	0
Inerte ⁶	5,8	5,07	1,3	0
DL-metionina	0	0,21	0,21	0,094
Composição centesimal ⁷				
Umidade	5,58	5,61	5,40	4,60
PB	37,11	36,25	36,34	36,20
Ca	3,78	2,68	2,48	1,40
P	1,99	1,42	1,35	0,85
EE	10,34	10,59	12,61	15,70
FDN	6,31	11,65	9,72	12,77
FS ⁸	1,45	3,67	1,47	2,84
MM	10,21	13,48	7,87	6,03
ED (kcal/kg) ⁹	3218	3201	3200	3183

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos;

PB = Proteína bruta; ED = Energia digestível; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente Neutro; MM = Matéria Mineral; FCO: Farinha de carne e ossos; ²FADE: farelo de arroz desengordurado; ³SPC60: concentrado protéico de soja 60%; ⁴PVM = 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%.

⁵Butil hidróxi tolueno (BHT).

⁶Areia.

⁷Valores calculados e expressos na matéria natural.

⁸Valores analisados no Laboratório de Piscicultura da UFSM e expressos na matéria natural.

⁹Calculada : 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).

3.5. Qualidade da água

A temperatura da água foi monitorada diariamente, com termômetro de bulbo de mercúrio e o oxigênio dissolvido na água foi medido com o auxílio de oxímetro digital (YSYellowsprings – USA), semanalmente. Os demais parâmetros de qualidade da água, bem como, pH, alcalinidade, amônia total e dureza total foram analisados semanalmente através de kit colorimétrico Alfakit® e nitrito (ppm) foi analisado pelo método descrito por Boyd e Tucker (1992). Os parâmetros de qualidade de água do sistema de criação durante o período experimental foram os seguintes: temperatura ($24,9 \pm 1,51^\circ\text{C}$), amônia total ($0,1 \pm 0,06$ ppm), nitrito ($0,1 \pm 0,1$ ppm), alcalinidade ($48,77 \pm 13,70$ mg CaCO_3/L), dureza ($56,38 \pm 34,61$ mg CaCO_3/L), pH ($7,28 \pm 0,25$) e oxigênio dissolvido ($6,72 \pm 0,43$ ppm), estando dentro da faixa ideal para cultivo de jundiá (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004).

3.6. Coleta de dados e variáveis avaliadas

As biometrias para coleta dos dados foram realizadas na 0, 4^o e 7^o semana de experimento. Para tais procedimentos, os animais passaram por jejum de 24 horas e foram anestesiados com Eugenol (20mg/litro), seguindo recomendações de Cunha et al. (2010). A partir dos dados coletados, foram estimados os seguintes parâmetros: peso médio individual (g); comprimento total (cm); comprimento padrão (cm); biomassa (B); taxa de crescimento específico (TCE); fator de condição (FC) e conversão alimentar aparente (CAA). Além disso, ao final do período experimental foram abatidos nove animais por tratamento para determinação da composição centesimal e nove animais para determinação de rendimento de carcaça (RC); quociente intestinal (QI); índice hepatossomático (IHS) (%) e índice digestivossomático (IDS) (%). O teor de umidade e o conteúdo de cinzas foram determinados de acordo com AOAC (1995). A proteína bruta foi determinada pelo método de microKjeldahl (método 960.52) da AOAC (1995) usando o fator $N \times 6,25$. A gordura foi extraída e quantificada seguindo o método de Bligh e Dyer (1959).

A retenção de nutrientes foi calculada a partir das equações:

- Proteína corporal depositada (g): $\text{PBD} = [\text{Pf} * (\% \text{PBCf}/100)] - [\text{Pi} * (\% \text{PBCi}/100)]$;
- Gordura corporal depositada (g): $\text{GTD} = [\text{Pf} * (\% \text{GCf}/100)] - [\text{Pi} * (\% \text{GCi}/100)]$;

Onde: Pf= peso final; PI= peso inicial; PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; gordura corporal inicial; GCf: gordura corporal final;

3.7. Atividade de enzimas digestivas

Foram abatidos três animais (punção cervical) por unidade experimental para coleta do trato digestório. O intestino e estômago foram homogeneizados em solução tampão (10mM Fosfato/20mM Tris) para a determinação das enzimas tripsina, quimiotripsina e amilase intestinal e protease ácida do estômago. Logo após, as amostras foram centrifugadas e os sobrenadantes usados nos ensaios como fonte enzimática.

Para determinação da atividade da enzima tripsina, TAME (α -*p*-toluenesulphonyl- L-arginine methyl ester hydrochloride) foi utilizado como substrato. Os extratos de intestino foram incubados por 2 minutos em 2 ml de tampão Tris/CaCl₂, em pH 8,1. Já para a determinação da quimiotripsina utilizou-se como substrato BTEE (benzoyl tyrosine ethyl Ester). A incubação dos extratos foi realizada por dois minutos com tampão tris/CaCl₂ (2 ml), em pH 7,8. A atividade da tripsina foi expressa em Mmol de TAME hidrolizado/ minuto /mg proteína e a quimiotripsina em Mmol de BTEE/minuto/mg proteína. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em absorbância 247 e 256 nm, respectivamente, seguindo a metodologia descrita por Hummel (1959).

A atividade da enzima protease ácida foi determinada com tampão KCl 0,2M, em pH 1,8, utilizando-se como substrato caseína 1,5%. As amostras foram incubadas por 40 min à 30°C. A reação foi interrompida com TCA 15%. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos e a leitura realizada em espectrofotômetro a 280 nm. A atividade da protease ácida foi determinada de acordo com Kunitz (1947), com algumas modificações por Hidalgo et al., (1999).

A atividade de amilase foi determinada em tampão fosfato-citrato (0,2 M, pH 7,0, NaCl 0,5%) com concentração de amido de 2,5%. A reação foi interrompida com a adição de ZnSO₄ 5% e Ba(OH)₂ 0,3 N. A atividade amilohidrolítica foi estimada segundo o método proposto por Bernfeld (1955) modificado. A determinação da hidrólise do amido foi segundo metodologia descrita por Park-Johnson (1949). A leitura foi realizada em 660 nm.

A proteína dos extratos brutos foi determinada pelo método de Lowry et al. (1951), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

4. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.3. Resultados e discussão

Não foram observadas diferenças significativas para as medidas zootécnicas e biométricas entre os animais submetidos às distintas dietas experimentais (Figura 1 e Tabela 2), o que pode estar relacionado com o hábito alimentar do jundiá, pois é uma espécie onívora, a qual consegue bom aproveitamento de ingredientes vegetais. Pedron et al. (2008), não observaram efeitos dos fatores estudados (fontes e níveis de fibra) para as variáveis de crescimento em jundiá. Avaliando a substituição da farinha de peixe por fontes vegetais na dieta de truta (*Oncorhynchus mykiss*) e “sea bream” (*Sparus aurata*), Santiagosa et al. (2008) observaram diminuição no crescimento destas espécies, porém, não proporcional ao nível de inclusão. Bergamin et al. (2011), testaram a substituição parcial da proteína de farinha de carne suína (PFCS) por fontes protéicas vegetais na dieta de carpa húngara (*Cyprinus carpio*) e encontraram menor desempenho de crescimento nos animais que receberam a dieta com 50% de substituição da PFCS por farelo de linhaça. Já, Hasan et al. (1997), avaliaram a utilização de ingredientes vegetais como fonte protéica na dieta de carpa húngara e não observaram diferenças significativas nas respostas de crescimento e taxa de conversão alimentar entre a dieta controle e dieta contendo 25% de linhaça. Os resultados obtidos no tratamento 17%FL no presente estudo podem estar relacionados com a presença da mucilagem no farelo de linhaça *in natura*, a qual pode ter exercido um possível efeito prebiótico, uma vez que estes estimulam o crescimento e a atividade de bactérias benéficas, refletindo-se de forma desejável no desempenho animal.

Em relação à conversão alimentar aparente, não foram observadas diferenças significativas na 4ª semana de experimento. No entanto, ao final do período experimental (sete semanas de alimentação) obtiveram-se melhores resultados ($p < 0,05$) nos jundiás que receberam a dieta controle. Vale salientar que estes resultados podem ser considerados satisfatórios, pois nem

sempre são atingidos estes valores para animais criados em cativeiro recebendo somente alimentação artificial.

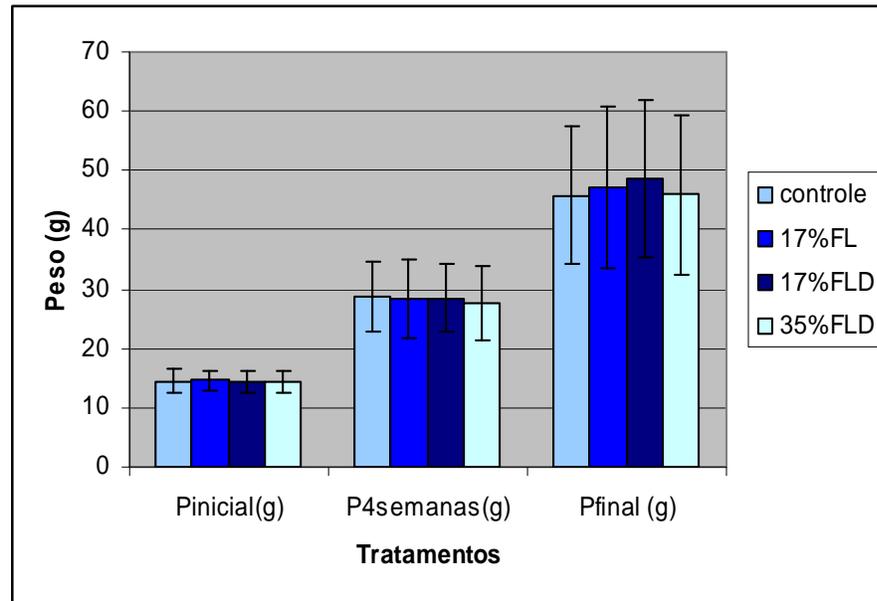


Figura 1. Peso médio (g) dos juvenis de jundiá durante o período experimental.

¹Tratamentos: 17%FL: 17% de Farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% de Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% de Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos. Peso médio \pm DP.

Para carpa húngara, observou-se efeito negativo na conversão alimentar aparente conforme foram aumentados os níveis de inclusão de farelos vegetais na dieta (BERGAMIN et al., 2010). Corrêia (2009), testando a mesma base protéica deste estudo na dieta de jundiá, encontrou CAA entre 1,12-1,10 aos 60 dias de período experimental. Os valores de CAA alimentar encontrados (1,12-1,41) foram menores do que os encontrados (1,4-1,9) por Lazzari et al. (2006) testando a inclusão de diferentes fontes vegetais na dieta de juvenis de jundiá, sugerindo que o presente estudo obteve maior aproveitamento do alimento pelo animal. Segundo Losekann et al. (2008), valores de conversão alimentar entre 1,3-1,5 são considerados aceitáveis para jundiá. Quando são encontrados bons valores de conversão alimentar, assim como neste estudo, é porque os níveis de energia da dieta se encontram apropriados e o jundiá está conseguindo poupar proteína (LOSEKANN et al., 2008).

Tabela 2. Variáveis de crescimento de jundiás até o final do período experimental (sete semanas de alimentação)

	Tratamentos ¹			
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD
Inicial				
CT (cm)	11,70±0,62	11,73±0,58	11,76±0,63	11,79±0,61
CP (cm)	9,68±0,58	9,7±0,0,5	9,7±0,52	9,65±0,51
BT (g)	290,2±11,23	291±9,99	289,1±12,27	288,47±2,48
4 semanas				
CT (cm)	13,83±1,17	13,87±1,14	13,85±0,94	13,89±1,1
CP (cm)	11,56±1,01	11,69±1,07	11,65±0,82	11,66±0,97
BT (g)	549,2±5,35	579,36±31,04	563,63±13,62	562,47±31,59
FC	1,02±0,01	1,04±0,008	1,05±0,008	1,03±0,09
TCE	2,43±0,18	2,38±0,19	2,42±0,18	2,31±0,08
CAA	1,05±0,19	0,94±0,14	0,98±0,14	0,98±0,23
GPD (g/dia)	0,50±0,05	0,49±0,04	0,5±0,04	0,47±0,03
GPR (%)	97,62±9,57	94,94±10,36	97,27±9,91	91,31±4,58
Final (sete semanas)				
CT (cm)	16,34±1,45	16,72±1,40	16,5±1,39	16,52±1,39
CP (cm)	13,59±1,37	13,87±1,19	13,71±1,19	13,67±1,26
BT (g)	686,3±64,47	761,0±54,98	730,78±65,02	730,3±4,57
FC	1,01±0,14	1,05±0,07	1,03±0,06	1,02±0,06
TCE	2,25±1,14	2,3±0,06	2,28±0,06	2,26±0,19
CAA	1,12±0,12 ^b	1,40±0,11 ^a	1,41±0,10 ^a	1,36±0,11 ^a
GPD (g/dia)	0,61±0,05	0,64±0,04	0,67±0,03	0,62±0,08
GPR (%)	215,85±22,77	222,95±10,49	237,3±11,76	218,55±30,40

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do Farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35%FLD: 35% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos;

P: peso; CT: comprimento total; CP: comprimento padrão; BT: biomassa total; FC: fator de condição; TCE: taxa de crescimento específico; CAA: conversão alimentar aparente; GPD: ganho em peso diário; GPR: ganho em peso relativo. Médias (±DP). Letras diferentes nas linhas da tabela representam diferença significativa (p<0,05).

Não foram observadas diferenças significativas para rendimento de carcaça (RC), índice hepatossomático (IHS) e índice digestivossomático (IDS) (Tabela 3). Da mesma forma, Corrêa (2009) e Pedron et al. (2008) não encontraram diferenças significativas para estas variáveis em jundiá alimentados com fontes vegetais. Porém, estes autores encontraram valores inferiores para

IHS em relação aos encontrados no presente trabalho. Segundo Barcellos et al. (2010), o IHS está diretamente relacionado com os níveis de depósito de glicogênio. Dessa forma, sugere-se que os jundiás do presente estudo possuem importantes reservas de glicose para serem utilizadas em períodos pré e pós prandial.

Os valores de quociente intestinal (QI) foram significativamente menores na dieta 35%FLD (tabela 3). Adaptações do trato gastrointestinal, bem como, aumento das taxas de proliferação celular, hiperplasia e síntese protéica podem ser compreendidas como tentativa de ampliar a área de contato com o alimento e conseqüentemente aumentar a absorção de nutrientes, refletindo em maiores valores de IDS e QI (LEENHOUWERS et al, 2006).

Tabela 3. Rendimento e índices digestivos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamento ¹				P
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD	
RC (%)	87,41±2,06	86,25±2,47	84,7±1,38	85,01±2,37	NS
IHS (%)	1,55±0,37	1,57±0,32	1,67±0,24	1,49±0,29	NS
IDS (%)	3,13±0,59	3,20±0,26	3,49±0,34	3,08±0,25	NS
QI (%)	1,24 ±0,18 ^{ab}	1,34±0,21 ^a	1,41 ±0,22 ^a	1,10 ±0,1 ^b	*

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% de PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos; RC: rendimento de carcaça; IDS: índice digestivo-somático; IHS: índice hepato-somático; QI: quociente intestinal; Médias (±DP). Letras diferentes nas linhas da tabela representam diferença significativa; NS=não significativo (P>0,05); *P<0,05.

Não foram observadas diferenças significativas para o conteúdo de cinzas, proteína bruta e proteína bruta total depositada na carcaça inteira dos jundiás submetidos às diferentes dietas (Tabela 4). Entretanto, maiores níveis de gordura e gordura total depositada (p<0,05) foram observadas na dieta 35%FLD e menores valores foram observados no tratamento controle. Em relação ao teor de umidade, menores valores foram encontrados nos tratamentos 35%FLD e 17%FLD. A maior inclusão de óleo de soja no tratamento 35% FLD pode ser uma das causas

para os maiores níveis de gordura corporal dos animais deste tratamento. Segundo Losekann et al. (2008), na maioria das vezes a inclusão de óleos vegetais, assim como o óleo de soja, na dieta de peixes não prejudica o crescimento, porém pode afetar a composição dos tecidos e o metabolismo de ácidos graxos.

Tabela 4. Composição centesimal do peixe inteiro (%) e deposição de nutrientes de jundiás alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos ¹				P
	CONT	17%FL	17%FLD	35%FLD	
Umidade	70,99±0,63 ^{ab}	72,48±0,15 ^a	70,03±1,93 ^b	69,75±1,15 ^b	*
Cinza	3,29±0,29	2,75±0,08	3,00±0,03	2,73±0,7	NS
Proteína	15,36±0,51	14,03±0,75	15,80±1,26	15,90±1,85	NS
Gordura	9,90±0,42 ^b	10,7 ±0,39 ^{ab}	11,52±1,76 ^{ab}	13,02±2,85 ^a	*
PBTD	4,57±0,41	4,7±0,24	5,25±0,46	5,3±0,81	NS
GTD	3,87±0,18 ^b	4,79±0,24 ^{ab}	4,96±0,9 ^{ab}	5,7±1,5 ^a	*

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça em substituição a PB da farinha de carne e ossos; PBTD: proteína bruta total depositada; GTD: gordura total depositada. Médias com letras diferentes, na linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05); NS=não significativo (P>0,05); *P<0,05;

A atividade das enzimas digestivas quimiotripsina, amilase e protease ácida encontram-se na tabela 5. Após sete semanas de experimento, não foram observadas diferenças significativas para estas enzimas avaliadas, porém, a atividade da tripsina (tabela 5) foi significativamente maior (p<0,05) nos animais que receberam as dietas 35%FLD e 17%FLD, respectivamente.

Tabela 5. Enzimas digestivas de jundiás alimentados com dietas contendo farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

	Tratamentos ¹			
	Controle	17% FL	17% FLD	35% FLD
Intestino				
Quimiotripsina ²	5036,64±738,8	4685,83±689,0	4751,01±654,2	5328,47±680,1
Tripsina ³	6,76 ±0,93 ^c	7,01 ±0,69 ^{bc}	7,94 ±0,59 ^{ab}	8,41±0,24 ^a
Amilase ⁴	0,387±0,24	0,720±0,52	0,449±0,25	0,516±0,35
Estômago				
Protease ⁵	297,63±171,9	343±104,4	575,45±316,0	385,31±171,8

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; ²μmol/btee/min/mg prot; ³μmol/tame/min/mg prot; ⁴μmol glicose/min/mg prot; ⁵μg tirosina/min/mg prot; Médias com letras diferentes na linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05);

De acordo com Stech et al. (2009), a colecistoquinina (CCK) atua na produção de tripsina, sendo que os níveis de CCK são regulados indiretamente e positivamente pelo nível dietético e cadeia proteica. Segundo Baldisserotto (2009); Lin e Li (2011), a atividade de enzimas digestivas é variável conforme quantidade e qualidade dos nutrientes, ou seja, os peixes apresentam capacidade de adequação dos seus processos digestivos (STECH et al., 2009). Observando os resultados obtidos da atividade enzimática da tripsina no presente trabalho sugere-se que a presença da fibra solúvel no farelo de linhaça *in natura* tenha promovido o aumento da viscosidade intestinal, dificultando o acesso das enzimas aos substratos e igualmente dos alimentos digeridos à borda do intestino. Alta viscosidade da digesta reduz a mistura de enzimas digestivas e substratos e aumenta a espessura da camada intestinal, levando diminuição da digestão de nutrientes e absorção (LEENHOUWERS et al., 2007). De acordo com Alzueta et al. (2003), o aumento da viscosidade intestinal diminui a digestibilidade através da interferência na difusão de enzimas digestivas ao substrato, além do mais, os polissacarídeos não amiláceos (PNA) podem ser complexados com enzimas digestivas e diminuir sua atividade. Lin e Li (2011), avaliando os efeitos da substituição da farinha de peixe por farelo de soja (FS) na dieta de

Oreochromis niloticus x *O. aureus* observaram diminuição da protease intestinal com aumento do nível de FS na dieta, e esta diminuição foi atribuída a presença de fatores antinutricionais.

A atividade da enzima amilase pode estar relacionada com a adaptação do perfil de secreção enzimática do jundiá e a composição da dieta. Normalmente, espécies carnívoras possuem limitada capacidade de adaptação do perfil enzimático digestivo quando comparada com espécies onívoras (MORO et al., 2010).

Apesar de resultados controversos, pode-se deduzir que a proteína bruta dos farelos de linhaça *in natura* e demucilada podem substituir 17 e 35% a proteína bruta da farinha de carne e ossos, respectivamente, na dieta de jundiá sem prejudicar os parâmetros de crescimento. Além disso, a eficiência de utilização de fontes protéicas vegetais pode variar consideravelmente com a espécie de peixe, níveis de inclusão e qualidade nutricional do farelo utilizado.

5.4. Conclusões

Apesar de o tratamento controle apresentar melhor conversão alimentar em relação às outras dietas testadas, os farelos de linhaça *in natura* e demucilada não afetam o desempenho produtivo de jundiás. Sendo assim, o farelo de linhaça *in natura*, até o nível de 17% de substituição, assim como o farelo de linhaça demucilada até 35% de substituição da PB da fonte de origem animal, podem ser usados para compor ração de jundiás como fonte econômica e alternativa para fabricação de rações para peixes.

5.5. Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor. Ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

À Giovelli/Indústria de óleos vegetais, pela doação da semente de linhaça para a realização do experimento.

5.6. Referências Bibliográficas

ALZUETA, C. et al. Effects of removal of mucilage and enzyme or sepiolite supplement on the nutrient digestibility and metabolizable energy of a diet containing linseed in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 97, p. 169-181, 2002.

_____ et al. Effect of whole and demucilaged linseed in broiler chicken diets on digesta viscosity, nutrient utilization and intestinal microflora. **British Poultry Science**, v.44, p. 67-74, 2003.

AOAC. Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analyses of the AOAC International**. 16th ed. Supplement 1998. Washington:AOAC, 1018 p., 1995.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura** – Santa Maria: Ed.UFSM, 2009. 349p.

_____; RADÜNZ NETO J. **Criação de jundiá** – Santa Maria: Ed. UFSM, 2004. 232p.

BARCELLOS, L.J.G. et al. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 300, 231–236, 2010.

BERGAMIN, G.T. et al. Substituição da farinha de carne suína por fontes vegetais em dietas para carpa-húngara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p. 1189-1197, 2010.

_____ et al. Fontes protéicas vegetais na alimentação da carpa húngara. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1660-1666, 2011.

BERNFELD, P. Amylases α e β : colorimetric assay methods. In: Colowick, S.P., Kaplan, N.O. **Methods in enzymology**, New York: Academic Press., 1955.

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.

CORRÊIA, V. **Densidade de estocagem e fontes energéticas no cultivo intensivo de jundiá e carpa húngara**. 2010. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

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

FURNÉ, M. et al. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* a comparative study. **Aquaculture**, v. 250, p. 391– 398, 2005.

HASAN, M.R.; MACINTOSH, D.J.; JAUNCEY, K. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio L.*) fry. **Aquaculture**, v.151, p.55-70, 1997.

HIDALGO, M.C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in 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.

JIA, W.; SLOMINSKI, B.A. Means to improve the nutritive value of flaxseed for broiler chickens: the effect of particle size, enzyme addition, and feed pelleting. **Poult Sci.**, v. 89, n. 2, p. 261-9, 2010.

LAZZARI, R. et al. Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.36, n.1, 2006.

LEENHOUWERS, J.I. et al. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in african catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 111-116, 2006.

_____ et al. Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*) fed cereal grains of increasing viscosity. **Aquaculture**, v. 273, p. 556-565, 2007.

LIN, S.; LUO, L. Effects of dietary levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus x O. aureus*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, p. 80-87, 2011.

LOSEKANN et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p. 225-230, 2008.

LOWRY, D.H. et al. Protein measurement with folin phenol reagent. **Journal of biological chemistry**, v.193, n.1, p.265-275, 1951.

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

MEYER, G.; FRACALOSI, D.M.; BORBA, M.R. A importância da quantidade de energia na ração de peixes. **Panorama da Aqüicultura**, v. 14, n. 83, p. 53-57, 2004.

MEURER, F; HAYASH, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes – revisão. **Arq. Ciên. Vet. zool. UNIPAR**, v.6, n. 2, p. 217-138, 2003.

MONEGO, M.A. **Extração de fibra solúvel de torta de linhaça para uso como hidrocolóide na indústria de alimentos**. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MORO, G.V. et al. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, v.41, p. 394-400, 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**, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.

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

PASCOAL, L.A.F. ; MIRANDA, E.C. ; FILHO, F.P.S. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n.1, p.284-298, 2006.

PEDRON, F.A. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.93-98, jan. 2008.

REBOLÉ, A. et al. Mucilage in linseed: effects on the intestinal viscosity and nutrient digestion in broiler chicks. **Journal of science of food and agriculture**, v. 82, p. 1171-1176, 2002.

RODRÍGUEZ, M.L et al. Effect of inclusion level of linseed on the nutrient utilization of diets growing broiler chickens. **Br. Poult Science**, v. 42, p. 368-375, 2001.

SANTIGOSA, E. et al. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) e sea bream (*Spaurus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. **Aquaculture**, v.287, p. 68-74, 2008.

SANTOS, E.L. et al. Digestibilidade de ingredientes alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): revisão. **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v.3, n. 2, 2008.

SINHA, A. K. et al. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, v. 127, p.1409-1426, 2011.

STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J.; JÚNIOR, J.M.P. 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**, v.XIII, n.2, 2009.

6. DISCUSSÃO GERAL

Como resultados positivos neste trabalho pode-se observar que o rendimento médio da extração da mucilagem da linhaça utilizada na composição das dietas testadas foi de $7,18 \pm 1,54\%$, promovendo diminuição de aproximadamente 50% de fibra solúvel, a qual atua como fator anti nutricional na dieta de animais não ruminantes. O processo de demucilagem resultou em aumento de proteína bruta e aminoácidos essenciais, demonstrando que esta fonte pode ser utilizada como base protéica em dietas para peixes. Também, tem sido relatado que a remoção prévia da goma da linhaça promove a concentração de gordura, aumentando a eficiência de extração do óleo em até 30% (ALZUETA et al, 2003; MONEGO, 2009; SPERONI et al., 2010). Além disso, o processo de demucilagem promove agregação de valor ao produto, pois a goma obtida pode ser empregada na indústria alimentícia, e até mesmo na fabricação de cosméticos atuando como hidrocoloide.

Neste estudo, a maioria dos parâmetros de crescimento dos juvenis de jundiá não foram afetados pela substituição parcial da fonte protéica de origem animal pelos farelos de linhaça *in natura* e demucilada. No entanto, ao final do período experimental, o grupo controle apresentou menor conversão alimentar em relação aos outros tratamentos. Apesar disso, vale salientar que estes resultados podem ser considerados satisfatórios, pois nem sempre são atingidos estes valores para animais criados em cativeiro recebendo somente alimentação artificial. Segundo Losekann et al. (2008), valores de conversão alimentar entre 1,3-1,5 são considerados aceitáveis para jundiá. Quando são encontrados bons valores de conversão alimentar, assim como neste estudo, onde os valores de CAA variaram de 1,12-1,41 ao final do período experimental, significa que os níveis de energia da dieta se encontram dentro das exigências nutricionais e o jundiá está conseguindo economizar proteína (LOSEKANN et al., 2008).

Em relação ao rendimento e índices digestivos, não foram observadas diferenças para as variáveis RC, IHS e IDS, porém, os valores de quociente intestinal (QI) foram menores na dieta 35%FLD em comparação aos demais tratamentos. Segundo Leenhouders et al. (2006), adaptações do trato gastrintestinal, bem como, aumento das taxas de proliferação celular, hiperplasia e síntese protéica podem ser compreendidas como tentativa de ampliar a área de

contato com o alimento e conseqüentemente aumentar a absorção de nutrientes, refletindo em maiores valores de IDS e QI.

A menor atividade enzimática da tripsina encontrada no presente trabalho para os tratamentos controle e 17%FL, sugerem que a presença da fibra solúvel no farelo de linhaça *in natura* tenha promovido aumento da viscosidade intestinal, dificultando o acesso das enzimas aos substratos e igualmente dos alimentos digeridos à borda do intestino.

A necessidade de maior inclusão de óleo de soja no tratamento 35%FLD para que todos os tratamentos mantivessem níveis de energia semelhantes, pode ter sido uma das causas para os animais deste tratamento obter maiores níveis de gordura ($13,02 \pm 2,85$), gordura total depositada ($5,7 \pm 1,5$) no peixe inteiro e maiores níveis de colesterol plasmático ($178,72 \pm 10,71$ mg/dL). Além disso, foi possível observar uma correlação entre os níveis plasmáticos de triglicerídeos e colesterol. Segundo Losekann et al. (2008), na maioria das vezes a inclusão de óleos vegetais, assim como o óleo de soja, na dieta de peixes não prejudica o crescimento, porém pode afetar a composição dos tecidos e o metabolismo de ácidos graxos. A suplementação da dieta de peixes cultiváveis com lipídios se faz necessária a fim de poupar a proteína da dieta, a qual será menos utilizada (PEZZATO et al., 2004). Segundo este mesmo autor, níveis de 10-20% de lipídios podem ser utilizados em dietas para peixes.

Como não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros metabólicos hepáticos, é possível inferir que por possuir hábito alimentar onívoro, o jundiá apresenta potencial de adaptação a dietas ricas em fontes vegetais, não interferindo na sua capacidade de metabolizar níveis elevados destes ingredientes na dieta. Ao final do período experimental, também não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros sanguíneos proteínas totais, albumina e triglicerídeos, porém os juvenis de jundiá alimentados com a dieta 35%FLD apresentaram maiores níveis de glicose ($62,71 \pm 5,16$), entretanto, os valores obtidos encontram-se dentro da faixa considerada normal para a espécie (43 a 78 mg/dL) descrita por Borges et al. (2004).

Diante da elevada expansão da piscicultura nos últimos anos acompanhada pela crescente demanda de rações, as quais são freqüentemente formuladas com elevada quantidade de fontes protéicas de origem animal (em média de 50%) faz-se necessário a busca por substitutos adequados a estes ingredientes, os quais estão ficando escassos e com elevado custo. Neste

contexto, através dos resultados obtidos neste trabalho pode-se justificar a substituição parcial da fonte protéica de origem animal por farelo de linhaça *in natura* e demucilada.

O principal produtor de linhaça no Brasil é o estado do Rio Grande do Sul, que se destaca por deter cerca de 100% das lavouras desta herbácea, uma vez que esta região favorece seu cultivo. Frente a isso, percebe-se a importância desta fonte vegetal na nutrição animal, pois grande parte da semente da linhaça é desengordurada a fim de se obter óleo para indústria de óleos vegetais, tintas, etc. Após o processo de extração da gordura é gerado o farelo, rico em proteínas e minerais e com preço relativamente baixo, atualmente o kg do farelo de linhaça está custando cerca de R\$ 0,43, porém deve-se ter cuidado com o nível de inclusão de fontes vegetais como o farelo de linhaça em dietas para peixes devido à presença de fatores antinutricionais encontrados neste ingrediente os quais podem conduzir a uma menor produção.

7. CONCLUSÃO GERAL

- O processo de demucilagem resultou em aumento nos macronutrientes e aminoácidos essenciais no farelo de linhaça, melhorando seu valor nutritivo.

- A utilização dos farelos vegetais (farelo de linhaça *in natura* e demucilada) testados neste estudo não prejudicaram os parâmetros de crescimento, enzimáticos digestivos e metabólicos analisados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZUETA, C. et al. Effects of removal of mucilage and enzyme or sepiolite supplement on the nutrient digestibility and metabolizable energy of a diet containing linseed in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 97, p. 169-181, 2002.

ARRUDA, A.M.V. et al. Importância da fibra na nutrição de coelhos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 181-190, 2003.

BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. 2. ed. São Paulo: Robe editorial, 2003. 583p.

BALDANZI, B. et al. **As lavouras de inverno: cevada – tremoço – linho – lentilha**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. (Coleção do Agricultor). 184p.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed.UFSM, 2009. 349p.

_____; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2010. 608p.

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

BARCELLOS, L.J.G. et al. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 300, p. 231–236, 2010.

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

BERGLUND, D. Flax: New Uses and Demands. In: Trends in New Crops and New Uses Janick, J. and A. Whipkey (Eds.). **ASHS Press, Alexandria, VA.**, p: 358-360, 2002.

_____; ZOLLINGER, R.K. Flax production in North Dakota. North Dakota State University: Extension Service . **Fargo: NDSU**, 2007.

BHATTY, R.S. Further Compositional Analyses of Flax: Mucilage, Trypsin Inhibitors and Hydrocyanic Acid. **JAOCs**, v. 70, n. 9, 1993.

BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G.; SOUZA, R.H.S. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical fresh water teleost fish: a procedure for field determinations of micro samples. **B. Téc. CEPTA**, v.10, p.53-60, 1997.

BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA 2008-2009. **Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA)**. Disponível em: http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf. Acesso em: 01 dez. 2011.

BOMBARDELLI, R.A.; MEURER, F.; SYPERRECK, M.A. Metabolismo protéico em peixes. **Arq. Ciência vet. Zool.**, n.7, v.1, p. 69-79, 2003.

BOND, J.M.; JULIAN, R.J.; SQUIRES, E.J. Effect of dietary flaxseed on broiler growth, erythrocyte deformability, and fatty acid composition of erythrocyte membranes. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 77, p. 279–286, 1997.

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

CAMILO, R. Y. **Efeitos da adição de aminoácidos essenciais livres à dieta e da ausência de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo intermediário de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*)**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em genética) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

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

CERICATO, L. et al. Responsiveness of the interrenal tissue of Jundiá (*Rhamdia quelen*) to an in vivo ATCH test following acute exposure to sublethal concentrations of agrichemicals. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part C, v.149, p. 363-367, 2009.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica Ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 1997. 446 p.

COLDEBELLA, I.J. et al. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. **Aquaculture**, v. 312, p. 137-144, 2011.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In.: Simpósio internacional acav- embrapa sobre nutrição de aves, 1., 1999, Concórdia, SC. **Anais**: EMBRAPA-CNPSA, 1999. p.115-129.

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

CUI, W.; MAZZA, G. Physicochemical characteristics of flaxseed gum. **Food Research International**, v. 29, n. 3-4, p. 397-402, 1996.

DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. **Intermediary Metabolism**. In: Fish Nutrition, 3. ed. Washington, D.C.: Academic Press, 2002. p. 309-365.

DEBNATH, D. et al. Digestive enzymes and metabolic profile of *Labeo rohita* fingerlings fed diets with different crude protein levels. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, v.146, p. 107-114, 2007.

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

FEDENIUK, R. W.; BILIADERIS, C.G. Composition and Physicochemical Properties of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Mucilage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 2, p. 240-247, 1994.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

FURNÉ, M. et al. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. **Aquaculture**, v. 250, p. 391– 398, 2005.

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

HALVER, J.E. **Fish nutrition**. 2. ed. New York (USA): Academic Press, 1989. 798 p.

HALL, C; TULBEK, M.C.; XU, Y. Flaxseed. **Adv Food Nut Res.**, v.51, p.1-97, 2006.

HISANO, H. et al. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 255-260, 2003.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal Culturas Temporárias e Permanentes 2010**. Rio de Janeiro, v.37, 2011. 89p. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicacao_completa.pdf, acessado em: 18 dez. 2011.

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

LAZZARI, R. et al. Protein sources and digestive enzyme activities in jundiá (*Rhamdia quelen*). **Sci. Agric.**, v. 67, n.3, p.259-266, 2010.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202p.

LERMEN, C.L. et al. Effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 239, p. 497-507, 2004.

LEENHOUWERS, J.I. et al. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in african catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 111-116, 2006.

LIN, S.; LUO, L. Effects of dietary levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, p. 80-87, 2011.

LOSEKANN et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p. 225-230, 2008.

LOVELL, J. **Nutrition and Feeding of Fish**. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1998. 266p.

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**, Part B v.137, p. 331–339, 2004.

MAZZA, G.; BILIADERIS, C. G. Functional properties of flax seed mucilage. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 1302-1305, 1989.

MELO, J.F.B. **Digestão e Metabolismo de Jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares**. 2004. 95f. Tese (Doutorado em Ciências fisiológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

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

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

MONEGO, M.A. **Extração de fibra solúvel de torta de linhaça para uso como hidrocolóide na indústria de alimentos**. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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.**, v. 37, n. 4, p.338-396, 2006.

MORRIS, H. D. **Linaza – Una Recopilación sobre sus Efectos em la salud y Nutrición**. 4. ed., 2007. 101p.

NARAN, R.; G. CHEN; CARPITA, N. C. · Novel Rhamnogalacturonan I and Arabinoxylan Polysaccharides of Flax Seed Mucilage. **Plant Physiology**, v. 148, p. 132-141, 2008.

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

OOMAH, B.D. et al. Variation in the composition of water-soluble polysaccharides in flaxseed. **J. Agric. Food Chem.**, v.43, p. 1484-1488, 1995.

_____; KENASCHUK, E.O.; MAZZA, G. Phytic Acid Content of Flaxseed As Influenced by Cultivar, Growing Season, and Location. **J. Agric. Food Chem.** V. 44, p. 2663-2666, 1996.

_____; MAZZA, G. Flaxseed proteins – a review. **Food Chem.**, v. 48, p. 109-114, 1993.

_____; MAZZA, G. Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed. **LWT - Food Science and Technology**, v. 30, p. 135-140, 1997.

_____; MAZZA, G. Fractionation of flaxseed with a batch dehuller. **Industrial Crops and Products**, v. 9, p. 19–27, 1998.

ORTIZ, L.T. et al. Metabolizable energy value and digestability of fat and fatty acids in linseed determined with growing broiler chickens. **Br. Poult. Sci.**, v. 42, n.1, p. 57-63, 2001.

OSTRENSKI, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: O desafio é crescer**. Brasília, 2008. 276 p.

PEDRON, F.A. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.1, p.93-98, jan. 2008.

PEZZATO et al., 2004. Nutrição de peixes. In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo:Ed. TecArt, 2004. 533p.

REIDEL, A. et al. The effect of diets with different levels of protein and energy on the process of final maturation of the gametes of *Rhamdia quelen* stocked in cages. **Aquaculture**, v. 238, p. 354-359, 2010.

ROTTA, M.A. **Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura**. Embrapa, Documento 53,1517-1973, Dezembro, 2003. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC53.pdf>. Acesso em 12 nov. 2011.

SANTOS, Z.A.S. et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciênc. Agrotec.**, v. 29, n. 1, p. 232-237, 2005.

SANTOS, E.L. et al. Digestibilidade de ingredientes alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): revisão. **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v.3, n. 2, 2008.

SEIXAS FILHO, J.T. Revisão sobre as enzimas digestivas nos peixes Teleostei e seus métodos de determinação. **Augustus**, v.8, n. 17, 2003.

_____. Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentar carnívoro e onívoro. **Augustus**, v.9, n.18, 2004.

SONCIN, M.R.S.P. et al. Digestibilidade aparente, crescimento folicular e concentração de metabólitos sanguíneos de éguas recebendo concentrado com semente de linhaça integral (*Linum usitatissimum* L.). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.2, p.191-197, 2009.

SOSO, A.B. et al. Chronic exposure to sub-lethal concentration of a glyphosate-based herbicide alters hormone profiles and affects reproduction of female Jundiá (*Rhamdia quelen*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, n.23, p. 308-313, 2007.

SPERONI, C.S. et al. Benefícios da retirada de mucilagem da linhaça para o aprimoramento da extração do óleo. 2010. **Anais 25^a JAI**. Santa Maria: UFSM. 2010. Disponível em: http://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho_1041275777.htm. Acesso em: 03 set. 2011.

STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J.; JÚNIOR, J.M.P. 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**, v.XIII, n.2, 2009.

TAKAHASHI, N.S. **Nutrição de peixes**. Instituto de Pesca, setembro de 2005. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/nutricao_peixes.pdf. Acesso em: 15 out. 2010.

TARPILA, A.; WENNBERG, T.; TARPILA, S. Flaxseed as a functional food. **Current Topics in Nutraceutical Research**, v.3, n. 3, p.167-188, 2005.

TESSARO, L. et al. Growth and reproductive characteristics of *Rhamdia quelen* males fed on different digestible energy levels in the reproductive phase. **Aquaculture**, v.326-329, p.74-79, 2012.

TOMM, G. O. et al. **Indicações para o cultivo de linho no Rio Grande do Sul**. Guarani das Missões: Giovelli, 2006. 40 p.

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

WANNERBERGER, K.; T. NYLANDER; NYMAN, M. Rheological and chemical properties of mucilage in different varieties from linseed (*Linum usitatissimum*). **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 41, n. 3, p. 311–319. 1991.

ZHANG, W. et al. Demucilang and dehulling flaxseed with a wet process. **Food Science and Technology**, v. 42, p.1193-1198, 2009.

ZIOLKOVSKA, A. Laws of flaxseed mucilage extraction. **Food Hydrocolloids**, v. 26, n.1, p. 197-204, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1 – Composição centesimal dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais para jundiá

Constituinte	Composição analisada (% na matéria natural) ¹					
	Milho	FADE	SPC60	FL	FLD	FC
umidade	10,45	10,9	6,5	4,41	2,12	4,65
MS	89,55	89,10	93,5	95,58	97,88	93,35
PB	8,44	18,27	64,12	29,06	32,5	60,25
MM	1,32	13,95	6,01	5,21	4,75	17,04
EE	3,36	1,17	0,39	16,92	13,89	20,12
FDN	7,34	24,12	15,2	54,68	39,46	-
ED ²	2534,57	1028,01	3293,49	2909,12	2827,72	4765,86
Cálcio	0,008	0,22	0,38	0,6	0,055	6,61
Fósforo	0,29	2,89	0,73	0,33	0,45	3,13

¹Composição analisada no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

FL: Farelo de linhaça *in natura*; FLD: Farelo de linhaça demucilada; FC: Farinha de carne; SPC60: concentrado protéico de soja 60%; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; ED: energia digestível; Ca: cálcio; P: fósforo.

²Calculada : 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).

ANEXO 2 - Composição de aminoácidos das rações utilizadas no experimento (% na dieta)

Aminoácido ²	Tratamentos ¹			
	Controle	17%FL	17%FLD	35%FLD
Lisina	2,02	1,94	1,95	1,91
Met + cis	1,37	1,35	1,34	1,34
Treonina	1,30	1,25	1,17	1,07
Triptofano	0,13	0,11	0,11	0,09
Valina	1,66	1,58	1,47	1,35
Isoleucina	1,25	1,26	1,16	1,08
Leucina	2,36	2,31	2,16	1,97
Fenilalanina	1,47	1,45	1,37	1,28
Histidina	0,95	0,92	0,84	0,76
Arginina	2,20	2,21	1,96	1,77

¹Tratamentos: 17%FL: 17% da PB do Farelo de linhaça *in natura* em substituição a PB farinha de carne e ossos; 17%FLD: 17% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos; 35% FLD: 35% da PB do Farelo de linhaça demucilada em substituição a PB da farinha de carne e ossos;

²calculada a partir da análise dos ingredientes;

ANEXO 3 – Processo de extração da mucilagem da linhaça



ANEXO 4 – Precipitação da mucilagem extraída de semente da linhaça



ANEXO 5 – Sistema de recirculação de água utilizado durante o período experimental



ANEXO 6 – Exemplar de juvenil de jundiá utilizado no período experimental e coleta sanguínea por punção na veia caudal



ANEXO 7 - Instruções para submissão de trabalhos na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho. São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor. Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

Organização do Artigo Científico

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

Título

Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como efeito ou influência.

Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores

Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção e, y ou and, no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.

Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

Não devem conter palavras que componham o título.

Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus (http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm) ou no Índice de Assuntos da base SciELO (<http://www.scielo.br>).

Introdução

A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.

Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

Resultados e Discussão

A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Deve ocupar quatro páginas, no máximo.

Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.

As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.

Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.

Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.

Dados não apresentados não podem ser discutidos.

Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.

As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.

Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.

As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.

Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.

Não podem consistir no resumo dos resultados.

Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.

Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser breves e diretos, iniciando-se com Ao, Aos, À ou Às (pessoas ou instituições).

Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

A palavra Referências deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.

Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.

Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.

Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.

Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.

Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

A autocitação deve ser evitada.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Redação das citações dentro de parênteses

Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão citado por e da citação da obra consultada.

Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

Tabelas

As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.

Devem ser auto-explicativas.

Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

Devem ser auto-explicativas.

A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.

Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

Não usar negrito nas figuras.

As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.