



Alimentos proteicos suplementados com fitase: substituição do farelo de soja pelo farelo de canola em dietas para o jundiá

[Protein feeds supplemented with phytase: substitution of soybean meal by canola meal in diets for silver catfish]

“Artigo Científico/Scientific Article”

Mariana Lins **Rodrigues**^{1*}, Milena Souza dos Santos **Sanchez**¹, Jhoniz Ernzer **Pessini**², Grace Kelly **Goudinho**¹, Evandro Bilha **Moro**³, Fábio **Bittencourt**¹, Wilson Rogério **Boscolo**¹, Altevir **Signor**¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-PR, Brasil.

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP, Brasil.

*Autor para correspondência/Corresponding author: E-mail: lins.mariana@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, histomorfometria intestinal e composição corporal de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão (0, 25, 50, 75 e 100%) de farelo de canola (FC) em substituição ao farelo de soja (FS), suplementadas ou não com a enzima fitase (0 e 1500 UFA/kg⁻¹). Grupos de 10 peixes foram distribuídos aleatoriamente em 30 unidades experimentais e alimentados com suas respectivas dietas experimentais por 60 dias. Houve interação significativa entre os fatores para o ganho em peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência proteica (TEP). Para o GP, os maiores resultados foram evidenciados nos jundiás alimentados com dietas contendo 100% de FC, sem fitase, e 75% de FC, com fitase. Na CAA, os melhores resultados foram verificados nos peixes alimentados com 50, 75 e 100% de inclusão de FC, independente da suplementação da enzima. A TEP foi maior nos peixes alimentados com 50% de FC, sem fitase. Houve influência da substituição de FS por FC para a taxa de crescimento específico (TCE), altura das dobras intestinais e matéria mineral corporal (MM). A maior TCE foi verificada nos peixes alimentados com 100% de substituição. A maior altura das dobras intestinais foi observada nos peixes alimentados com 75% de FC na dieta e a maior MM foi verificada nos peixes alimentados com dietas sem a inclusão de FC. O FC pode substituir o FS em dietas para juvenis de jundiá, contudo, sugerimos novos estudos para compreender a utilização combinada de fitase e FC em dietas para esta espécie.

Palavras-chave: nutrição de peixes; *Rhamdia*; alternativa proteica; hidrólise de fitato.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the growth performance, intestinal histomorphometry, and body composition of juvenile silver catfish fed diets with increasing levels of inclusion (0, 25, 50, 75, and 100%) of canola meal (CM) replacing soybean meal (SM), supplemented or not with the phytase enzyme (1500 FTU kg⁻¹). Groups of 10 fish were randomly assigned to 30 experimental units and fed their respective experimental diets for 60 days. There was a significant interaction between factors for weight gain (WG), feed conversion rate (FCR), and protein efficiency rate (PER). For WG, the highest results were evidenced in silver catfish fed diets containing 100% CM, without phytase, and 75% CM, with phytase. In FCR, better results were seen in fish fed 50, 75, and 100% CM inclusion, regardless of enzyme supplementation. PER was higher in fish fed 50% CM, without phytase. There was influence of the substitution of SM for CM for the specific growth rate (SGR), height of intestinal folds, and body mineral matter (MM). The highest SGR was observed in fish fed with 100% substitution. The greatest height of intestinal folds was observed in fish fed 75% of CM in the diet, and the highest MM was found in fish fed diets without the inclusion of CM.

Recebido 17 de setembro de 2018. Aceito 19 de outubro de 2020.

DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v14n4-2133>

Canola meal can replace soybean meal in diets for juvenile silver catfish, however, we suggest new studies to understand the combined use of phytase and canola meal in diets for this species.

Keywords: fish nutrition; *Rhamdia*; protein alternative; phytate hydrolysis.

Introdução

O aumento considerável da aquicultura nos últimos anos tem atraído a atenção de pesquisas com o intuito de minimizar os custos de produção e dos impactos causados por esta atividade (Moutinho et al., 2017). Na produção aquícola, os custos relativos à alimentação podem chegar até 70% do custo operacional total, tornando-se a maior porcentagem de despesas (Cyrino et al., 2010). Assim, pesquisas direcionadas na utilização de ingredientes alternativos de menor custo, boa qualidade nutricional e boa disponibilidade são importantes como estratégia para a redução dos custos produtivos de organismos aquáticos (Pessini et al., 2019).

Dentro deste cenário, o farelo de canola é um subproduto da indústria processadora de canola, com aproximadamente 38% de proteína bruta em sua composição (Rostagno et al., 2005) que apresenta bom perfil de aminoácidos essenciais, além de apresentar níveis mais elevados de aminoácidos sulfurados em comparação ao farelo de soja (Higgs et al., 1996), ingrediente comumente utilizado na formulação de dietas na produção animal. No entanto, os ingredientes de origem vegetal apresentam fatores antinutricionais em suas composições que podem interferir no uso dos nutrientes pelos animais (Francis et al., 2001). Um destes fatores antinutricionais é o fitato (ácido fítico), que se ligado ao fósforo, tornando este mineral indisponível ao animal (Kumar et al., 2012). Além disso, o fitato também pode se ligar a outros íons metálicos, proteínas, carboidratos e lipídios (Vohra e Satyanarayana, 2002), reduzindo a disponibilidade destes nutrientes, uma vez que os animais monogástricos, como os peixes, não apresentam capacidade de sintetizar a fitase, enzima que hidrolisa o fitato (Lelis et al., 2010).

A inclusão de fitase em dietas pode minimizar o efeito negativo do fitato e aumentar a disponibilidade dos nutrientes, pois esta enzima tem a capacidade de desfosforilar o ácido fítico, reduzindo sua capacidade quelante e resultando em fosfatos inorgânicos livres e moléculas de inositol de cadeia inferior, além da disponibilização dos nutrientes antes ligados inóspito ao fitato (Kumar et al., 2012). Na

literatura, há diversos relatos positivos quanto à utilização de fitase em dietas contendo ingredientes vegetais e aumento da utilização de nutrientes em dietas para peixes (Debnath et al., 2005; Gonçalves et al., 2005; Furuya et al., 2006; Gonçalves et al., 2007; Liu et al., 2015; Lewandowski et al., 2017).

Seguindo a tendência da utilização de fitase em dietas para peixes, sua inclusão em dietas para o jundiá resultou em melhora na digestibilidade e utilização de nutrientes, como proteína e minerais, além do aumento da energia digestível e na mineralização óssea (Signor et al., 2016; Lewandowski et al., 2017; Pessini et al., 2019; Weiler et al., 2019; Rodrigues et al., 2020). O jundiá é uma espécie nativa do sul brasileiro que tem atraído a atenção de pesquisadores e produtores por apresentar características favoráveis à sua criação intensiva, como hábito alimentar onívoro, rusticidade, aceitação de alimentação artificial, fácil manejo reprodutivo, além de apresentar carne saborosa sem a presença de espinhas intramusculares (Pedron et al., 2008; Signor et al., 2016). Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, histomorfometria intestinal e composição corporal de juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farelo de canola em substituição ao farelo de soja, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Material e Métodos

Grupos de 10 peixes, com peso e comprimento inicial médio de $4,51 \pm 0,59$ g e $8,11 \pm 0,54$ cm, respectivamente, foram distribuídos aleatoriamente em 30 unidades experimentais, tanques de formato cilíndrico com fundo cônico e volume útil de $0,5\text{m}^3$, adaptados a um sistema de recirculação de água (RAS). A temperatura ($27,5 \pm 1,2^\circ\text{C}$) e oxigênio dissolvido ($8,54 \pm 0,50$ mg L⁻¹) foram mensurados diariamente, enquanto o pH ($7,10 \pm 0,15$) e condutividade elétrica ($80,20 \pm 0,52$ $\mu\text{S cm}^{-1}$) foram monitorados semanalmente. Os valores dos indicadores de qualidade de água estavam dentro da faixa de conforto conhecidos para espécie em sistema de criação (Souza et al., 2005).

O delineamento experimental foi

inteiramente ao acaso em esquema fatorial, no qual o primeiro fator foram os níveis de inclusão de farelo de canola (FC) 0, 25, 50, 75 e 100% em substituição ao farelo de soja (FS), e o segundo fator foi a presença (1500 UFA.Kg⁻¹) ou ausência de fitase (0 UFA.Kg⁻¹), totalizando dez tratamentos (Tabela 1), em triplicata. Para a confecção das dietas experimentais, os ingredientes foram moídos em triturador tipo martelo, pesados, homogeneizados manualmente e

posteriormente extrusados (Ex-Micro®). A adição de fitase nas dietas foi feita durante o processo de mistura dos ingredientes, conforme descrito por Rocha et al. (2007). Após a extrusão, as dietas foram secas em estufa de circulação de ar forçada por 24h a 55°C e armazenados a -20°C. Posteriormente, as dietas experimentais foram distribuídas aleatoriamente as unidades experimentais para o início do ensaio alimentar.

Tabela 1. Composição percentual das dietas com substituição do farelo de soja pelo farelo de canola, suplementadas ou não com fitase para juvenis de jundiá.

| Ingredientes | Fitase 0 UFA | | | | | Fitase 1500 UFA* | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Soja, farelo 45% | 45,21 | 33,91 | 22,60 | 11,30 | 0,00 | 45,21 | 33,91 | 22,60 | 11,30 | 0,00 |
| Canola, farelo ¹ | 0,00 | 13,82 | 27,64 | 41,45 | 55,27 | 0,0 | 13,82 | 27,63 | 41,45 | 55,27 |
| Milho, grão | 31,74 | 29,92 | 28,10 | 26,28 | 24,46 | 31,74 | 29,92 | 28,10 | 26,27 | 24,46 |
| Peixe, farinha 55% | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 | 18,00 |
| Óleo de soja | 1,76 | 1,32 | 0,88 | 0,43 | 0,00 | 1,75 | 1,32 | 0,88 | 0,44 | 0,00 |
| Suplemento mineral e Vitamínico ² | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Fosfato bicálcico | 0,99 | 0,74 | 0,49 | 0,24 | 0,00 | 0,99 | 0,74 | 0,49 | 0,25 | 0,00 |
| L-Treonina | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |
| L-Lisina | 0,007 | 0,06 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,007 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| Cloreto de colina | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Vitamina C ³ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Propionato de cálcio | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Calcário | 0,0 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 |
| DL-metionina | 0,35 | 0,27 | 0,19 | 0,11 | 0,04 | 0,35 | 0,27 | 0,19 | 0,12 | 0,04 |
| Butil-hidroxi-tolueno | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Cloreto de sódio | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| L-Triptofano | 0,0 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| Fitase ⁴ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Nutrientes, % | | | | | | | | | | |
| Amido | 25,49 | 22,95 | 20,41 | 17,87 | 15,33 | 25,49 | 22,95 | 20,41 | 17,87 | 15,32 |
| Cálcio | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 |
| Energia digestível (kcal/kg) ⁵ | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 | 3439 |
| Fósforo total | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Gordura | 7,20 | 7,86 | 8,51 | 9,17 | 9,83 | 7,20 | 7,86 | 8,51 | 9,17 | 9,83 |
| Lisina Total | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 | 2,12 |
| Met.+Cistina | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Proteína bruta ⁵ | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 | 34,00 |
| Treonina total | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 | 1,73 |
| Triptofano total | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |

¹Valores de energia digestível e proteína bruta (%) estimados para *Rhamdia voulezi*, segundo Signor, et al., 2016.

²Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.750.000UI; Vit. D3, 375.000UI; Vit. E, 20.000UI; Vit. K3, 500mg; Vit. B1, 2.000mg; Vit. B2, 2.500mg; Vit. B6, 2.500mg; Vit. B12, 5.000mg; Ac. Fólico, 625mg; Pantotenato Ca, 7.500mg; Vit. C, 37.500mg; Biotina, 50mg; Inositol, 12.500mg; Niacina, 8.750mg; Co, 50mg; Cu, 1.250mg; Fe, 15.000mg; I, 100mg; Mn, 3.750mg; Se, 75mg; Zn, 17.500mg.

³Valores sugeridos por Reis et al., 2011. ⁴ Fitase BASF -Natuphos® produzida a partir do fungo *Aspergillus niger*. ⁵Valores de energia digestível e proteína bruta (%) estimados para *Rhamdia voulezi* proposto por Freitas, et al. (2011). *Nível de fitase (UFA kg⁻¹) estimado para *Rhamdia quelen* segundo Rocha et al. (2007).

Antes do período experimental, os peixes permaneceram 7 dias em adaptação às condições experimentais, sendo alimentados com a dieta sem a inclusão de FC e fitase. O ensaio alimentar teve duração de 60 dias, no qual os peixes foram alimentados com as respectivas dietas experimentais quatro vezes ao dia, 8h00, 11h00, 14h00 e 17h00, até à saciedade aparente.

Após o período experimental, os peixes foram anestesiados em solução de benzocaína 100 mg L⁻¹ em água (Gomes et al., 2001) e em seguida tiveram seus pesos aferidos em balança de precisão (0,01 g). A partir da quantificação do consumo das dietas e peso dos peixes, foram calculadas as variáveis de desempenho: ganho em peso - GP (g) = [peso final (g) – peso inicial (g)], taxa de crescimento específico - TCE (%) = $(100 \times [(\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}) / \text{período experimental}])$, conversão alimentar aparente - CAA = [alimento fornecido (g) / ganho em peso (g)] e taxa de eficiência proteica - TEP (%) = $(100 \times [\text{ganho de peso (g)} / \text{proteína bruta consumida (g)}])$.

Três peixes por unidade experimental foram eutanasiados com benzocaína na concentração de 200 mg L⁻¹ (Gomes et al., 2001) e tiveram uma porção do intestino medial coletados para análise histológica. Após a coleta, as amostras foram lavadas com solução tampão fosfato (0,1M, pH 7,4), fixadas em solução de ALFAC, e em seguida, lavadas e conservadas em álcool 70% para retirada do fixador. Para a obtenção dos cortes histológicos, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de álcoois, diafanizadas em xilol e embebidas em parafina. Os cortes foram obtidos por secções seriadas de 7µm e as lâminas coradas por técnica de Hematoxilina-Eosina. As amostras foram analisadas em microscopia de luz em objetiva de 40X e a partir das imagens capturadas foram medidas a altura e largura das dobras intestinais, pelo *software* cellSens Standard 1.15®.

Para a determinação da composição corporal final, três peixes de cada unidade experimental foram eutanasiados conforme descrito anteriormente, eviscerados e congelados em freezer a -20°C para posterior análise. Foram analisados: a umidade por secagem a 105°C (método 950,01); extrato de etéreo por Soxhlet (método 920.39C); proteína bruta pelo método de Kjeldahl (945,01); e a matéria mineral por incineração em mufla a 550°C (método 942,05) de

acordo com as normas da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade e, atendido a estes pressupostos, foram avaliados em esquema fatorial para avaliar se a interação entre a substituição de FS por FC e presença e ausência de fitase foi significativa. Caso não ocorra a interação entre os fatores, avaliou-se os efeitos de forma isolada. O teste de Tukey foi utilizado para a comparação de médias quando houve diferenças significativas na ANOVA fatorial. O nível de significância adotado foi de 5% em todos os testes e foram realizados com o auxílio do *software* Statistica 7.0® (Statsoft, 2005).

Resultados

Houve diferenças na interação entre os fatores para o ganho em peso ($P < 0,05$), em que os peixes alimentados com dietas contendo 100 e 75% de FC em substituição ao FS, sem fitase e com fitase, respectivamente, apresentaram os maiores valores para esta variável. Por outro lado, os peixes alimentados com as dietas sem a substituição de FS por FC e com 25% de substituição de FS por FC, com e sem a suplementação de fitase para ambos os tratamentos, apresentaram os menores valores de ganho em peso. A conversão alimentar aparente também apresentou diferenças na interação entre os fatores ($P < 0,05$), onde os peixes alimentados com as dietas contendo 50, 75 e 100% de FC em substituição ao FS, com e sem a suplementação de enzima fitase, apresentaram os melhores resultados, enquanto os peixes alimentados com as dietas sem a inclusão de FC em sua composição, com e sem fitase, apresentaram os piores resultados para esta variável. Para a taxa de eficiência proteica, foram observadas diferenças na interação entre os dois fatores avaliados ($P < 0,05$), sendo que os peixes alimentados com 50% de substituição de FS por FC nas dietas, sem fitase, apresentaram os maiores resultados, enquanto os peixes alimentados com as dietas contendo 25% de FC em substituição ao FS, com e sem fitase, e 75% de substituição de FS por FC, sem a suplementação da enzima, apresentaram os menores valores de eficiência proteica. Para a taxa de crescimento específico, não houve diferenças na interação entre os fatores ($P > 0,05$) e no efeito da enzima ($P > 0,05$). No entanto, houve efeito da substituição do ingrediente ($P < 0,05$), sendo que os peixes alimentados com 100% de substituição de

FS por FC apresentaram os maiores valores para esta variável, enquanto os peixes alimentados sem 25% de substituição apresentaram os menores valores (Tabela 2).

Com relação à histologia intestinal, não foram observadas diferenças na interação entre os fatores e no efeito da enzima sobre a altura das dobras do intestino médio de jundiás ($P>0,05$). Contudo, houve diferenças na substituição do ingrediente para esta variável ($P<0,05$), sendo os peixes alimentados com 75% de substituição de

a substituição de FS por FC e os alimentados com FS por FC os que apresentaram maior altura, enquanto os peixes alimentados com 25, 50 e 100% de substituição de FS por FC os que apresentam menor altura. Para a largura das dobras intestinais, não foram observadas diferenças na interação entre os fatores, efeito da enzima e efeito da substituição do ingrediente ($P>0,05$) (Tabela 3).

Tabela 2. Desempenho produtivo de jundiás alimentados com dietas com substituição do farelo de soja pelo farelo de canola, suplementadas ou não com a enzima fitase.

| Variáveis | Fitase | Níveis de inclusão de farelo de canola | | | | | (p-valor) | | |
|----------------------|----------------|--|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | F ⁷ | Al ⁸ | I ⁹ |
| GP ¹ (g) | A ⁵ | 14,32±0,06Z | 19,07±2,24Z | 40,48±0,21WX | 30,35±1,91Y | 47,13±2,17W | 0,045 | 0,000 | 0,000 |
| | P ⁶ | 12,34±3,03Z | 16,28±3,60Z | 32,61±1,71Y | 44,98±3,70W | 35,57±2,79XY | | | |
| CAA ² | A | 1,97±0,00Y | 1,85±0,04XY | 1,68±0,03W | 1,72±0,01W | 1,62±0,02W | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | P | 2,23±0,07Z | 1,87±0,02X | 1,69±0,00W | 1,67±0,04W | 1,67±0,03W | | | |
| TCE ³ (%) | A | 2,20±0,30D | 2,75±0,15C | 3,66±0,29B | 3,41±0,09AB | 4,24±0,32A | ns | 0,000 | ns |
| | P | 2,18±0,28D | 2,53±0,30C | 3,51±0,07B | 3,80±0,34AB | 3,77±0,26A | | | |
| TEP ⁴ (%) | A | 2,56±0,42WX | 1,67±0,05X | 2,84±0,11W | 1,79±0,09X | 2,41±0,57WX | ns | 0,002 | 0,010 |
| | P | 2,70±0,39WX | 1,68±0,25X | 2,10±0,67WX | 2,69±0,25WX | 2,03±0,14WX | | | |

¹Ganho em peso; ²Conversão alimentar aparente; ³Taxa de crescimento específico; ⁴Taxa de eficiência proteica; ⁵Ausente; ⁶Presente; ⁷Fitase; ⁸Alimento; ⁹Interação.

Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos de letras distintas (W, X, Y e Z) representam diferença estatística ($P<0,05$) na interação entre os fatores. Os valores (média ± desvio padrão) seguidos de diferentes letras maiúsculas (A, B, C e D) na mesma linha representam diferença estatística ($P<0,05$) entre os níveis de substituição do FS pelo FC. Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos por letras minúsculas (a e b) na mesma coluna representam a diferença estatística ($P<0,05$) entre a ausência de fitase e a suplementação de fitase.

Tabela 3. Histomorfometria do intestino de jundiás alimentados com dietas com substituição do farelo de soja pelo farelo de canola, suplementadas ou não com a enzima fitase.

| Variáveis, μm | Fitase | Níveis de inclusão de farelo de canola | | | | | (p-valor) | | |
|--------------------------|----------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | F ³ | Al ⁴ | I ⁵ |
| AD ⁶ | A ¹ | 254,53±16,19B | 220,25±10,73C | 218,50±11,30C | 276,13±2,63A | 229,91±16,28C | ns | 0,000 | ns |
| | P ² | 255,75±16,36B | 222,26±10,75C | 218,49±11,34C | 291,44±26,65A | 229,90±16,29C | | | |
| LD ⁷ | A | 25,23±3,33 | 20,47±3,75 | 23,00±0,85 | 24,97±1,34 | 20,95±6,49 | ns | ns | ns |
| | P | 25,58±3,47 | 20,49±3,70 | 22,98±0,87 | 24,94±1,33 | 20,96±6,50 | | | |

¹Ausência; ²Presente; ³Fitase; ⁴Alimento; ⁵Interação; ⁶Altura das dobras intestinais; ⁷Largura das dobras intestinais. Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos de letras distintas (W, X, Y e Z) representam diferença estatística ($P<0,05$) na interação entre os fatores. Os valores (média ± desvio padrão) seguidos de diferentes letras maiúsculas (A, B e C) na mesma linha representam diferença estatística ($P<0,05$) entre os níveis de substituição do FS pelo FC. Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos por letras minúsculas (a e b) na mesma coluna representam a diferença estatística ($P<0,05$) entre a ausência de fitase e a suplementação de fitase.

Para a composição corporal final (Tabela 4), não houve diferenças na interação entre os fatores e no efeito da suplementação de fitase sobre a matéria mineral ($P>0,05$). Porém, a substituição do ingrediente resultou em diferenças

para esta variável ($P<0,05$), em que os peixes alimentados sem a substituição de FS por FC apresentaram os maiores e os alimentados com 75 e 100% de substituição de FS por FC os que apresentaram os menores valores para esta

variável. Para as variáveis de umidade, proteína e lipídio corporal não foram observadas diferenças

na interação entre os fatores, na suplementação de fitase e substituição do ingrediente ($P > 0,05$).

Tabela 4. Composição centesimal da carcaça de jundiás alimentados com dietas com substituição do farelo de soja pelo farelo de canola, suplementadas ou não com a enzima fitase.

| Variáveis, % | Fitase | Níveis de inclusão de farelo de canola | | | | | (p-valor) | | |
|-----------------|----------------|--|-------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | F ³ | Al ⁴ | I ⁵ |
| Matéria Seca | A ¹ | 67,50±2,33 | 69,85±1,21 | 66,88±2,95 | 69,37±1,48 | 69,66±1,43 | ns | ns | ns |
| | P ² | 68,44±1,61 | 69,73±2,48 | 68,19±1,41 | 70,56±1,68 | 69,54±2,15 | | | |
| Proteína Bruta | A | 20,06±1,21 | 19,08±1,64 | 19,77±3,88 | 20,42±2,04 | 21,59±1,15 | ns | ns | ns |
| | P | 19,49±2,10 | 21,22±0,76 | 19,11±2,32 | 20,00±0,22 | 20,37±1,74 | | | |
| Lipídio | A | 8,34±0,59 | 9,00±0,37 | 9,53±1,63 | 9,09±1,37 | 8,45±1,21 | ns | ns | ns |
| | P | 8,80±0,64 | 8,60±1,54 | 10,47±0,46 | 8,66±0,75 | 9,40±1,53 | | | |
| Matéria Mineral | A | 4,42±1,15A | 3,83±0,89AB | 3,88±0,39B | 2,73±0,34C | 2,76±0,24C | ns | 0,018 | ns |
| | P | 3,42±0,48A | 3,35±0,43AB | 2,92±0,25B | 3,19±0,88C | 2,62±0,48C | | | |

¹Ausência; ²Presente; ³Fitase; ⁴Alimento; ⁵Interação.

Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos de letras distintas (W, X, Y e Z) representam diferença estatística ($P < 0,05$) na interação entre os fatores. Os valores (média ± desvio padrão) seguidos de diferentes letras maiúsculas (A, B e C) na mesma linha representam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os níveis de substituição do FS pelo FC. Os valores (médias ± desvio padrão) seguidos por letras minúsculas (a e b) na mesma coluna representam a diferença estatística ($P < 0,05$) entre a ausência de fitase e a suplementação de fitase.

Discussão

Com o objetivo de reduzir a dependência do uso das principais fontes proteicas na indústria aquícola, como FS e farinha de peixe (FP), torna-se importante a avaliação de fontes proteicas alternativas para formulação de dietas. É importante salientar que, como ocorreu interação significativa entre a inclusão de FC e suplementação de fitase, não é possível chegar a conclusões precisas sobre a utilização destes de forma combinada, embora os resultados indicam que níveis de inclusão de FC acima de 25%, com ou sem a suplementação de fitase, resultam em maior crescimento do que os peixes são alimentados com dietas alimentados com FS, que é o ingrediente mais utilizado como fonte proteica vegetal em formulações de dietas. Contudo, quando a substituição do FS pelo FC ocorre no nível de 25%, resulta em menor crescimento quando comparado a níveis de inclusão superiores. Assim, sugerimos novos estudos para melhor entendimento sobre a utilização conjunta entre o FS e a fitase.

As respostas positivas sobre o desempenho de jundiás alimentados com altos níveis de FC são interessantes, pois diversos trabalhos evidenciaram que altos níveis deste ingrediente em substituição às principais fontes proteicas são prejudiciais ao desempenho de espécies aquícolas. Como exemplo, para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), níveis acima de 30% de

inclusão de FC em substituição à farinha de peixe (FP) prejudicam o ganho de peso, consumo e conversão alimentar, bem como a taxa de eficiência proteica (Yigit e Olmez, 2009). Da mesma forma, níveis de inclusão acima de 20% de FC em substituição à FP foram prejudiciais para a taxa de crescimento específico de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*) (Cheng et al., 2010). Resultados semelhantes foram observados para a dourada (*Sparus aurata*) (Kissil et al., 2000) alimentadas com níveis acima de 20% de FC em substituição à FP e truta-arco-íris alimentadas com níveis crescentes de FC em dietas (Collins et al., 2012). Bulbul et al. (2014) destacaram que altos níveis de inclusão de FC em dietas podem diminuir sua palatabilidade, prejudicando o consumo e, conseqüentemente, o desempenho, o que explicaria os resultados citados acima neste parágrafo.

A melhora no desempenho dos jundiás alimentados com altos níveis de inclusão de FC em substituição ao FS pode estar ligado ao seu hábito alimentar, que, embora apresente uma tendência carnívora, como intestino curto e maior exigência proteica, é considerado onívoro (Meyer e Fracalossi, 2004), o que favorece esta espécie a ter uma boa tolerância a ingredientes vegetais, diferentemente do que espécies carnívoras. O jundiá apresenta capacidade de adaptação fisiológica sem prejuízo ao desempenho, evidenciado principalmente em dietas que

apresentam mais fibras em sua composição (Rodrigues et al., 2012). Embora não analisado neste estudo, provavelmente o teor de fibras aumentou nas dietas com a inclusão de FC em substituição ao FS, pois o FC apresenta mais que o dobro de fibra bruta que FS, 10,45% x 4,27%, (Rostagno et al., 2005) e este pode ser um dos fatores que favoreceu o melhor desempenho de jundiás alimentados com níveis de inclusão acima de 25% de FC.

A aplicação de fitase em dietas beneficia o desempenho produtivo das espécies, proporcionando um melhor aproveitamento dos nutrientes, como a proteína, fósforo, outros minerais e a energia (Meng e Slominski, 2005; Melo et al., 2012). Para o jundiá, inclusão de fitase aumentou a digestibilidade da proteína para a aveia e da energia para a quirera de arroz e o trigoilho (Lewandowski et al., 2017). Em relação aos minerais, houve aumento da digestibilidade do fósforo e cobre para a aveia, e do cobre para quirera de arroz e trigoilho nas dietas suplementadas com a enzima para o jundiá (Lewandowski et al., 2017). Da mesma forma, avaliando a inclusão de diferentes níveis de fitase (0, 500, 1000 e 1500 UFA.Kg⁻¹) para o jundiá, Rocha et al. (2007) verificaram que a inclusão de 1500 UFA.Kg⁻¹ melhora os resultados de ganho em peso e taxa de crescimento específico. Além disso, independentemente do nível de inclusão da enzima, os autores observaram redução no lipídio corporal e ligam isso ao maior fósforo disponível proporcionado pela adição da fitase, e este mineral tem papel importante na β -oxidação de ácidos graxos (Eya e Lovell, 1997).

Contrastando estes resultados positivos, a inclusão de fitase (2000 UFA.Kg⁻¹) em dietas contendo farelo de canola para a truta-arco-íris não resultou em melhora nos parâmetros de desempenho, embora os peixes alimentados com dietas contendo a enzima apresentaram maior digestibilidade de fósforo, maior composição e retenção de fósforo corporal (Sajjadi e Carter, 2004). Avaliando o farelo de girassol como fonte proteica para o jundiá, Weiler et al. (2019) também não verificaram melhora no desempenho de jundiás nas dietas com suplementação de fitase (1500 UFA.Kg⁻¹) e os autores atribuem ao fato de que provavelmente as exigências nutricionais foram atingidas pelas dietas sem a suplementação de fitase, fato que também pode ter ocorrido no presente estudo. No presente estudo, como mencionado anteriormente, a suplementação de

fitase interagiu significativamente com a inclusão de FS nas dietas, proporcionando melhores respostas sobre o desempenho nos peixes alimentados com níveis acima de 25% de FS.

A suplementação de fitase nas dietas não influenciou a altura e largura das dobras intestinais do jundiá. No entanto, a substituição de FS por FC nas dietas alterou a altura das dobras intestinais, em que os peixes alimentados nos níveis de 75 e 0% de substituição apresentaram os maiores resultados para esta variável, o que poderia indicar maior capacidade de absorção de nutrientes. No entanto, destaca-se que, apesar da maior altura das dobras intestinais, os peixes alimentados sem a substituição de FS por FC apresentaram o pior desempenho entre os tratamentos avaliados. Da mesma forma, jundiás alimentados com dietas contendo substituição parcial de milho por trigoilho, suplementadas ou não com fitase, apresentaram redução na altura das dobras intestinais, entretanto, sem diferenças no desempenho dos peixes (Pessini et al., 2019). Além disso, os autores não verificaram diferenças no número de células caliciformes, e estas são um indicativo de possíveis alterações no intestino. Assim, especulamos que estas diferenças na altura das dobras intestinais podem ser uma adaptação do jundiá às diferentes dietas experimentais, visto que esta espécie apresenta capacidade de alterações fisiológicas em resposta à dieta ofertada (Rodrigues et al., 2012).

Conclusão

O farelo de canola pode substituir o farelo de soja em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). Ainda, a inclusão de farelo de canola em níveis acima de 25% em substituição ao farelo de soja, independente da suplementação de fitase, proporciona melhores resultados zootécnicos quando comparado aos peixes alimentados com as dietas contendo somente farelo de soja. Sugerimos novos estudos para melhor compreender a influência da utilização da fitase em combinação com o farelo de canola em dietas para o jundiá.

Conflito de Interesse

Os autores declaram não existir conflito de interesse.

Comitê de Ética

Os procedimentos experimentais adotados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) sob o protocolo

de Nº 22/16, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

Referências

- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg: Maryland, 2005.
- Bulbul, M.; Kader, M.A.; Koshio, S.; Ishikawa, M.; Yokoyama, S. Effect of replacing fishmeal with canola meal on growth and nutrient utilization in kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate). **Aquaculture Research**, 45(5): 848-858, 2014.
- Cheng, Z.; Qinghui, A.; Kangsen, M.; Wei, X.; Hongming, M.; Yan, L.; Jiaming, Z. Effects of dietary canola meal on growth performance, digestion and metabolism of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, 305(1-4): 102-108, 2010.
- Collins, S.A.; Desai, A.R.; Mansfield, G.S.; Hill, J.E.; Van Kessel A.G.; Drew, M.D. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. **Aquaculture**, 344-349: 90-99, 2012.
- Cyrino, J.E.P.; Bicudo, A.J.A.; Sado, R.Y.; Borghesi, R.; Dairik, J.K. Fish farming and the environment - the use of environmental friendly feeds in fish culture. **Brazilian Journal of Animal Science** 39: 68-87, 2010.
- Debnath, D.; Pal, A.K.; Sahu, N.P.; Jain, K.K.; Yengkokpam, S.; Mukherjee, S.C. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius Yenagoa* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, 36: 180-87, 2005.
- Eya, J.C.; Lovell, R.T. Available phosphorus requirements of food-size channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets in ponds. **Aquaculture**, 154: 283-291, 1997.
- Francis, G.; Makkar, H.P.; Becker, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, 199(3-4): 197-227, 2001.
- Freitas, J.M.A.; Sary, C.; Luchesi, J.D.; Feiden, A.; Boscolo, W. Proteína e energia na dieta de jundiás criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(12): 2628-2633, 2011.
- Furuya, W.M.; Botaro, D.; Silva, L.C.R. da; Santos, V.G. dos; Silva, T.S.C.; Santos, L.D. dos; Furuya, V.R.B. Fitase em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Archivos de Zootecnia**, 55: 161-170, 2006.
- Gomes, L.C.; Chippari-Gomes, A.R.; Lopes, N.P.; Roubach, R.; Araujo-lima, C.A.R.M. Efficacy benzocaine as anesthetic in Juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 32(4): 426-431, 2001.
- Gonçalves, G.S.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Kleeman, G.K.; Rocha, D.F. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34: 21550-2163, 2005.
- Gonçalves, G.S.; Pezzato, L.E.; Padilha, P.D.M.; Barros, M.M. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36: 1473-1480, 2007.
- Higgs, D.A.; Dosanjh, B.S.; Beames, R.M.; Prendergast, A.F.; Mwachireya, S.A.; Deacon, G. **Nutritive value of rapeseed/canola protein products for salmonids**. In: Eastern Nutrition Conference. Kent, N.; Anderson, D. (eds.) Dartmouth/Halifax, Canada, Nova Scotia Agricultural College, 1996. p. 187-196.
- Kissil, G.W.; Lupatsch, I.; Higgs, D.A.; Hardy, R.W. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Research**, 31: 595-601, 2000.
- Kumar, V.; Sinha, A.K.; Makkar, H.P.S.; Boeck, G.; Becker, K. Phytate and phytase in fish nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 96(3): 335-364, 2012.
- Lelis, G.R.; Fernando, L.; Albino, T.; Rodrigues, C.; Rostagno, H.S.; Gomes, P.C.; Borsatto, C.G. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(8): 1768-1773, 2010.
- Lewandowski, V.; Feiden, A.; Signor, A.; Bittencourt, F.; Moro, E.B.; Pessini, J.E.; Boscolo, W.R. Digestibility of vegetal energetic ingredients supplemented with phytase for silver catfish (*Rhamdia voulezi*). **Aquaculture**, 467: 71-75, 2017.
- Liu, S.Y.; Bold, R.M.; Plumstead, P.W.; Selle, P.H. Effects of 500 and 1000 FTU/kg phytase supplementation of maize-based diets with two

- tiers of nutrient specifications on performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, 207: 159-167, 2015.
- Melo, K.D.M.; Aiura, F.S.; Tessitore, A.J.A.; Aiura, A.L.O.; Maciel, M.P.; Arouca, C.L.C. Adição de fitase em rações para tilápia-do-Nilo. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, 107(581-582): 85-89, 2012.
- Meng, X.; Slominski, B.A. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. **Poultry Science**, 84(4): 1242-1251, 2005.
- Meyer, G.; Fracalossi, D.M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, 240: 331-343, 2004.
- Moutinho, S.; Martínez-Llorens, S.; Tomas-Vidal, A.; Jover-Cerda, M.; Oliva-Teles, A.; Peres, H. Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. **Aquaculture**, 468(1): 271-277, 2017.
- Pedron, F.A.; Neto, J.R.; Emanuelli, T.; Silva, L.P.; Lazzari, R.; Corrêa, V.; Bergamin, G.T.; Veiverberg, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43(1): 93-98, 2008.
- Pessini, J.E.; Sanchez, M.S.S.; Rodrigues, M. L.; Boscolo, W. R.; Bittencourt, F.; Signor, A. Wheat middling in diets supplemented with phytase for silver catfish juveniles. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, 13(3): 464-473, 2019.
- Reis, E.S.; Feiden, A.; Signor, A.; Zaminhan, M., Finkler, J. K.; Boscolo, W. R. Suplementação de vitamina C na dieta para larvas de jundiá *Rhamdia voulezi*. **Ciência Animal Brasileira**, 12(1): 83-89, 2011.
- Rocha, B.C.; Pouey, J.L.O.F.; Enke, D.B.S.; Xavier, E.G.; Almeida, D.B. Suplementação de fitase microbiana na dieta de alevinos de jundiá: efeito sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça. **Ciência Rural**, 37(6): 1772-1778, 2007.
- Rodrigues, A.P.O.; Gominho-Rosa, M.D.C.; Cargnin-Ferreira, E.; De Francisco, A.; Fracalossi, D.M. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, 18: 65-72, 2012.
- Rodrigues, M.L.; Sanchez, M.S.S.; Pessini, J.E.; Weiler, K.A.; Deparis, A.; Boscolo, W.R.; Bittencourt, F.; Signor, A. Replacement of corn by sorghum and phytase supplementation in silver catfish (*Rhamdia quelen*) diets: growth performance, physiological variables and bone mineralization. **Journal of Applied Animal Research**, 48: 142-150, 2020.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C.; De Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.S.; Barreto, S.L.T.; Euclides, R.F. **Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- Sajjadi, M.; Carter, C.G. Dietary phytase supplementation and the utilization of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola meal-based diet. **Aquaculture**, 240: 417-431, 2004.
- Signor, A.; Lewandowski, V.; Silva, R.A.D.; Fries, E.M.; Schuller, J.M. Effect of phytase on digestibility of corn, sorghum and wheat bran by silver catfish (*Rhamdia voulezi*). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, 38(4): 355-359, 2016.
- Souza, L.S.; Pouey, J.L.O.F.; Camargo, S.O.; Vaz, B.S. Crescimento e sobrevivência do catfish de canal (*Ictalurus punctatus*) e jundiá (*Rhamdia sp*) no outono-inverno do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, 35(4): 891-896, 2005.
- STATSOFT, Inc. **Statistica** (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com, 2005.
- Vohra, A.; Satyanarayana, T. Purification and characterisation of a thermostable and acidstable phytase from *Pichia anomala*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 18(7): 687-691, 2002.
- Weiler, K.A.; Pessini, J.E.; Sanchez, M.S.; Rodrigues, M.L.; Boscolo, W.R.; Pezzato, L.E.; Signor, A. Sunflower meal with and without phytase supplementation in diets for silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, 32(4): 285-297, 2019.
- Yigit, N.O.; Olmez, M. Canola meal as an alternative protein source in diets for fry of tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. **The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh**, 61(1): 35-41, 2009.