

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA

JEAN CARLOS PIANTA BRISQUELEAL

DIGESTIBILIDADE APARENTE DA QUIRERA E DO FARELO DE
ARROZ INCLUÍDOS EM DISTINTAS CONCENTRAÇÕES EM
RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO

Toledo

2024

JEAN CARLOS PIANA BRISQUELEAL

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DA QUIRERA E DO FARELO DE
ARROZ INCLUÍDOS EM DISTINTAS CONCENTRAÇÕES EM
RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt

Toledo

2024

Ficha Catalográfica – Elemento obrigatório* (APÓS CORREÇÕES-CÓPIA FINAL)

Brisqueleal , Jean Carlos Pianta
DÍGESTIBILIDADE APARENTE DA QUIRERA E DO FARELO DE ARROZ
INCLUÍDOS EM DISTINTAS CONCENTRAÇÕES EM RAÇÕES PARA TILÁPIA
DO NILO / Jean Carlos Pianta Brisqueleal ; orientador Fábio
Bittencourt. -- Toledo, 2024.
62 p.

Tese (Doutorado Campus de Toledo) -- Universidade Estadual
do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia
de Pesca, 2024.

1. Aquicultura. 2. Nutrição . 3. Derivados de Arroz. I.
Bittencourt, Fábio , orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

JEAN CARLOS PIANTA BRISQUELEAL

DIGESTIBILIDADE APARENTE DA QUIRERA E DO FARELO DE ARROZ INCLUÍDOS EM DISTINTAS CONCENTRAÇÕES EM RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, linha de pesquisa Aquicultura, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Fábio Bittencourt
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Arcangelo Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Aldi Feiden
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dra. Marcia Regina Piovesan
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Em 27 de fevereiro de 2024.

Local de defesa: online

Dedico esse trabalho os meus pais Luciana e Luiz.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre estar presente em minha vida.

Aos meus Pais por sempre me apoiarem, me incentivarem, por todos os cuidados, conselhos e principalmente pela educação concebida durante toda a vida.

À minha namorada Laura, obrigado pelo apoio, pelo carinho e por toda paciência neste período.

À minha irmã Bruna e ao meu cunhado Renan, obrigado pelo apoio cotidiano. Aos meus avós Adélia e Roberto.

Aos meus amigos do Gemaq, obrigado por todos os momentos nestes anos, por toda ajuda, contribuição, puxão de orelha, aprendizado e risadas juntos. Em especial quero agradecer à Márcia, que sempre me ajudou e me incentivou em todo o doutorado, ao tchê Mateus, que em todos os momentos demonstrou apoio e incentivo nesta caminhada.

Aos meus inúmeros amigos de futebol, pescaria, meus amigos do Colégio Agrícola e São Sebastião o meu muito obrigado por todo o incentivo, risadas e por sempre estarem comigo nos momentos bons e ruins, isso faz toda a diferença.

Aos Professores Aldi Altevir e Wilson, obrigado por todo apoio, conselhos, aprendizado, conhecimento repassado e pela amizade concebida nestes vários anos. Sem dúvidas alguma, vocês são motivos de inspiração pessoal e profissional. Aos Professores Arcângelo e Marcia, obrigado pelas correções, apoio e dicas neste trabalho.

Ao meu Amigo, Professor e Orientador Fábio, obrigado pelos conselhos, apoio, correções e principalmente por ser esse cara gente boa, profissional e com educação fora do comum, obrigado tchê Barba.

Aos Professores, do Colégio Estadual São José, da graduação em Engenharia de Pesca, Mestrado e do Doutorado, obrigado por todo ensino, apoio, motivação e por fazer crer que a Educação pode transformar o mundo. Obrigado de coração a todos.

E de forma geral, obrigado a todos que de um jeito ou de outro me ajudou nessa caminhada.

DIGESTIBILIDADE APARENTE DA QUIRERA E DO FARELO DE ARROZ INCLUÍDOS EM DISTINTAS CONCENTRAÇÕES EM RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO

RESUMO GERAL

Este estudo teve por objetivo avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, energia e aminoácidos da quirera de arroz e farelo de arroz, quando incluídos em diferentes concentrações (6%, 12%, 18%, 24% e 30%), em dietas para tilápia do Nilo. O óxido de crômio-II foi utilizado como marcador inerte das rações. Utilizou-se 480 exemplares de tilápia com peso médio de 510 gramas, para o experimento com quirera de arroz como ingrediente referência e de 564 gramas de média para o experimento com farelo de arroz, ambos experimentos tiveram duração de 21 dias cada, sendo sete dias para aclimação dos peixes nos tanques e 14 dias de coleta de fezes. Para a avaliação do ingrediente testado os peixes foram distribuídos de forma aleatória em um delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (cinco níveis de inclusão e uma referência), tendo cada tratamento quatro repetições. Os resultados demonstraram maior matéria seca para ao nível de 18% quando incluso quirera de arroz e 6% utilizando o farelo de arroz. Apresentou-se o maior coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de proteína em nível de 24% para quirera e 6% com farelo. Entretanto, em relação ao CDA de energia, destaca-se o nível de 24% para ambos os ingredientes. Em relação aos aminoácidos, o nível de 30% de inclusão apresentou os melhores resultados médios com a quirera de arroz e destaca-se o nível de 18% para o farelo de arroz. Destacando assim a importância dos derivados de arroz na formulação de dietas para a tilápia do Nilo, assim como a importância de testar novos níveis de inclusão com o objetivo de baixar os custos de produção e aproveitar derivados de alimentos altamente nutritivos e com boa digestibilidade.

Palavras-chave: aquicultura, nutrição de peixe, subprodutos de arroz.

APPARENT DIGESTIBILITY OF CHIRERA AND RICE BRAN INCLUDED IN DIFFERENT CONCENTRATIONS IN FEEDS FOR NILE TILAPIA

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the apparent digestibility coefficients and amino acid coefficients of rice grits and rice bran, when included in different concentrations (6%, 12%, 18%, 24% and 30%), in diets for juveniles of Nile tilapia. Chromium-III oxide was used as an inert additive for feed. 480 specimens of tilapia with an average weight of 510 grams were used for the experiment with rice grits as a reference ingredient and an average weight of 564 grams for the experiment with rice bran, both experiments lasted 21 days each, 7 days for fish acclimatization in the tanks and 14 days for feces collection. To evaluate the tested ingredient, the fish were randomly distributed in a completely randomized design, consisting of six treatments (five inclusion levels and one reference), with each treatment having four replications. The results demonstrated a higher dry matter of 18% when including rice grits and 6% using rice bran. The highest protein apparent digestibility coefficient (ADC) was 24% for chickpeas and 6% for bran. However, in relation to the energy CDA, the level of 24% for both ingredients stands out. In relation to amino acids, the 30% inclusion level presented the best average results with rice bran and the 18% level for rice bran stands out. Thus highlighting the importance of rice derivatives in formulating diets for Nile tilapia, as well as the importance of testing new levels of inclusion with the aim of lowering production costs and taking advantage of highly nutritious food derivatives with good digestibility.

KEYWORDS: aquaculture, fish nutrition, rice by-products.

Tese elaborada e formatada conforme a norma da publicação científica: Aquaculture.
Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13652109>>

SUMÁRIO

Introdução geral	11
CAPÍTULO 1. Digestibilidade aparente da quirera de arroz incluída em distintas concentrações em rações para tilápia do Nilo	15
1. Introdução.....	16
2. Material e métodos	17
2.1 Delineamento e procedimento experimental.....	17
2.2 Formulação de ração	18
2.3 Alimentação e coleta das fezes	20
2.4 Análises químicas e bromatológicas.....	21
2.5 Análise estatística dos dados	22
3. Resultados	22
4. Discussão	26
5. Conclusão	31
6. Referências.....	31
CAPÍTULO 2. Digestibilidade aparente do farelo de arroz incluído em distintas concentrações em rações para tilápia do Nilo	38
1. Introdução.....	39
2. Material e métodos	41
2.1 Delineamento experimental.....	41
2.2 Formulação de ração.....	41
2.3 Alimentação e coleta das fezes.....	43
2.4 Análises químicas e bromatológicas	44
2.5 Análise estatística dos dados	45
3. Resultados	45
4. Discussão	49
5. Conclusão	54
6. Referências.....	55
Considerações finais	59

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura é um dos segmentos da produção animal com grande destaque no mundo e boa parte se deve ao desenvolvimento e crescimento da piscicultura. A produção aquícola alcançou 122,6 milhões de toneladas em 2020 e, deste total, 57,5 milhões correspondem à criação de peixes. A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a terceira espécie de peixe mais produzida mundialmente, com 4,4 milhões de toneladas e o Brasil destaca-se na produção mundial sendo o quarto maior produtor (FAO, 2022a, b).

Alguns dos fatores que levaram ao sucesso da criação da tilápia estão relacionados com a alta taxa de crescimento, rusticidade e capacidade de adaptação em diversos lugares (Michelato *et al.*, 2016). Além disso, é uma espécie de fácil filetagem e que não possui espinhas em forma de “Y” presentes (Boscolo *et al.*, 2001; Souza, 2002), o que permite maior aproveitamento de sua carne pela indústria, bem como maior aceitação pela população.

As espécies aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação avaliada através da determinação dos coeficientes de digestibilidade (Andrigueto *et al.*, 1982). Como destacado por Cho (1987) a determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em ração para peixes.

Portanto, é importante o conhecimento dos valores digestíveis da energia, dos nutrientes e dos aminoácidos dos alimentos convencionalmente utilizados em rações para peixe para o balanceamento correto da dieta (Hossain e Jauncey, 1989). A digestibilidade de um alimento refere-se à proporção de seus nutrientes aptos de serem absorvidos pelo organismo, pois exclui a perda destes por excreção (Glencross, Both; Allan, 2007).

De acordo com Godoy *et al.*, (2016), é necessário formular adequadamente dietas que atendam às exigências nutricionais utilizando ingredientes de alta qualidade, com o intuito de atender a demanda na produção de peixe. Entretanto, segundo Braga *et al.*, (2010) para que um alimento possa ser usado na formulação de dietas balanceadas, é necessário conhecer o valor nutricional da matéria-prima, bem como seus fatores antinutricionais, buscando um melhor retorno produtivo dos animais.

Os subprodutos de baixo valor agregado tem sido utilizado como matéria-prima alternativa para a obtenção de produtos de alto valor, como a ração para peixes (Gachango

et al., 2017). Sendo assim, o arroz possui propriedades incomparáveis aos demais cereais, contendo uma excelente concentração de energia, pois é constituído em sua maioria por amido, também é um fornecedor de vitaminas, minerais e proteínas, apresenta baixo teor de lipídeos, além de apresentar características como hipoalergenicidade e gosto agradável, o que o torna interessante para o desenvolvimento de novos alimentos (Hagenimana *et al.*, 2006).

Este alimento é constituído por diferentes frações proteicas, sendo elas a albumina, globulina, prolamina e glutelina, esta última possuindo maior concentração (70-80% da proteína total), apresentando boa digestibilidade (88%, segundo OMS, 1985) e hipoalergenicidade (Carvalho & Bassinello, 2006). É importante ressaltar que o arroz, em geral, possui perfil de aminoácidos essenciais semelhantes em valores nutricionais em relação a outros cereais como o milho e o trigo (OMS, 1985). Portanto, neste trabalho utilizou-se dois subprodutos do arroz, sendo eles: quirera e farelo.

De acordo com Rostagno *et al.* (2005), a quirera de arroz é um produto de alta qualidade que possui níveis proteicos e de energia metabolizável semelhantes aos do milho, tendo uma característica importante a grande quantidade de amido presente.

O farelo de arroz comprado com os outros alimentos considerados energéticos apresenta menor digestibilidade na maioria dos aminoácidos quando inclusos 30% desse ingrediente, isso pode ser devido ao elevado nível de fibra que este alimento apresenta, o qual pode levar à oxidação de alguns dos aminoácidos durante a extrusão (Guimarães, 2006).

Estudar ingredientes alternativos que possam ser acrescentados a dietas possibilita a disponibilidade de uma composição com um custo relativamente inferior, pois a proteína é o nutriente mais oneroso da ração (Boscolo *et al.*, 2005; Furuya, 2010; Zhou & Yue, 2012).

É primordial considerar que cuidados devem ser adotados quando são realizadas comparações de digestibilidade aparente, visto que, diferenças nos métodos de coleta, horário de coleta e quantidade de fezes coletadas, podem influenciar nos resultados (Allan *et al.*, 2000).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, energia e de aminoácidos da quirera e farelo de arroz quando incluídos em distintas concentrações em dietas para a tilápia do Nilo.

Referências:

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. & Warner-Smith, R. (2000) Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186, 293–310.

Andrigueto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I. et al (1982). *Nutrição animal*. Paraná: Nobel, 1982. v.1. 395p.

Boscolo, W. R., Hayashi, C., Meurer, F., Feiden, A., Bombardelli, R. A., e Reidel, A. (2005). Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1807–1812.

Boscolo, W.R.; Hayashi, C.; Meurer, F. (2002.). Digestibilidade aparente da energia e proteína bruta de alguns alimentos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.539-545.

Carvalho, J. L. V.; Bassinello, P. Z. (2006). Aproveitamento industrial. In: Santos, A. B.; Stone, L. F.; Vieira, N. R. de A. (Orgs.). *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, p. 1007-1041.

Cho, C.H. (1987). La energia en la nutrición de los peces. In: *Nutrición en cuicultura II*. Madrid-España: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta., p.197-237.

FAO. (2022). *Situação da Pesca e Aquicultura Mundial 2022. Rumo à Transformação Azul*. Roma, FAO.

Gachango, F.G.; Ekmann, K.S.; Frørup, J.; Pedersen, S.M. (2017) Use of pig by-products (bristles and hooves) as alternative protein raw material in fish feed: a feasibility study. *Aquaculture*, v.479, p.265-272.

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 13–34

Hagenimana, A.; Ding, X.; Fang, T. (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, v.43, p.38-46.

Hossain, M.A.; Jauncey, K. (1989). Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, Amsterdam, 83:59-72.

Michelato, M.; Zaminhan, M.; Boscolo, W. R.; Nogaroto, V.; Vicari, M.; Artoni, R. F.; Furuya, V. R. B.; Furuya, W. M. (2017). Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. *Aquaculture*, v. 467, p. 63-70.

Rostagno, H.S. et (2005). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 186p.

Tavares Braga, L. G.; Rodrigues, F. L.; Azevedo, R. V. DE; Carvalho, J. S. O.; Souza Ramos (2010). A. P. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, n. 4.

CAPÍTULO 1. Digestibilidade aparente da quirera de arroz incluída em distintas concentrações em rações para tilápia do Nilo

Resumo:

Este estudo teve por objetivo avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente e coeficientes de aminoácidos da quirera de arroz, quando incluídos em diferentes concentrações, em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. O óxido de crômio-II foi utilizado como marcado inerte das rações. Os resultados demonstraram maior matéria seca para ao nível de 18% (91,84). Apresentou-se o maior coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de proteína em nível de 24% (93,12%) assim como em relação ao CDA de energia, destaca-se o nível de 24% (98,59%). Em relação aos aminoácidos, o nível de 30% de inclusão apresentou os melhores resultados, destacando assim a importância deste ingrediente na formulação de dietas para a tilápia do Nilo.

PALAVRAS-CHAVE: aquicultura, nutrição de peixe, subprodutos de arroz.

Abstract:

This study aimed to evaluate the apparent digestibility coefficients and amino acid coefficients of broken rice, when included in different concentrations, in diets for juvenile Nile tilapia. Chromium-II oxide was used as an inert marker in the diets. In total, 480 specimens of tilapia with an average weight of 510 grams were used, and the experiment lasted 21 days. The results showed higher dry matter at the level of 18% (91.84). The highest apparent digestibility coefficient (CDA) of protein at a level of 24% (93.12%) was presented, as well as in relation to the CDA of energy, the level of 24% (98.59%) stands out. Regarding amino acids, the 30% level of inclusion showed the best results, thus highlighting the importance of this ingredient in the formulation of diets for Nile tilapia.

KEYWORDS: aquaculture, fish nutrition, rice by-products.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento dos sistemas de cultivo de animais aquáticos, a aquicultura tornou-se a atividade agropecuária com destaque mundial na produção de alimento nos últimos anos (Siqueira, 2017), estimulada entre outros fatores pelo aumento crescente da população e consequente demanda por alimentos saudáveis bem como de qualidade (Borghetti *et al.*, 2003; Maia, J. R., 2003).

O Brasil possui um grande potencial de mercado, fatores como o clima juntamente com a disponibilidade de água, e a produção de grãos, como milho, arroz e soja, geram matéria-prima para a fabricação de ração, favorecendo a cadeia produtiva do pescado (Kubitza, 2003).

Entre as espécies de peixes mais criadas no Brasil está a tilápia do Nilo, que devido sua rusticidade ao manejo, consumo de ração em todas as fases de desenvolvimento, hábito alimentar onívoro (Takishita *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009) e por apresentar abrangente utilização de nutrientes de origem animal e vegetal, possibilita avaliar alimentos alternativos, que contribuam com o seu desempenho e digestibilidade (Ostrensky *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2017)

Segundo Furuya (2010), a tilápia quando confinada aceita rações contendo diferentes fontes proteicas como alimento, e segundo Silva *et al.* (2012) os peixes quando mantidos em ambientes fechados, para que suas exigências nutricionais sejam supridas, torna-se necessário o fornecimento de rações que mantenham as necessidades de energia e nutrientes dos peixes.

As espécies animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação avaliada através da determinação dos coeficientes de digestibilidade (Andrigueto *et al.*, 1982). A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em ração para peixes (Cho; 1987).

O conhecimento dos valores digestíveis da energia, dos nutrientes e dos aminoácidos dos alimentos convencionalmente utilizados em rações para peixe é importante para o balanceamento correto na composição da dieta (Hossain e Jauncey, 1989). Os coeficientes de digestibilidade fornecem uma indicação da quantidade do nutriente que é absorvida, quanto mais alto melhor será a utilização pelos peixes, resultando em maior desempenho produtivo e redução da excreção de nutrientes no ambiente de produção (Oliveira Filho e Fracalossi, 2006).

Dentre os ingredientes disponíveis para a elaboração de dietas para peixe encontram-se aqueles derivados do arroz. Este é constituído por diferentes frações proteicas, sendo elas a albumina, globulina, prolamina e glutelina, esta última possuindo maior concentração (70-80% da proteína total), apresentando boa digestibilidade (88%, segundo OMS, 1985) e hipoalergenicidade (Carvalho & Bassinello, 2006). É importante ressaltar que o arroz, em geral, possui perfil de aminoácidos essenciais semelhantes em valores nutricionais em relação a outros cereais como o milho e o trigo (OMS, 1985). De acordo com Rostagno *et al.* (2005), a quirera de arroz é um produto de alta qualidade que possui níveis proteicos e de energia metabolizável semelhantes aos do milho, tendo uma característica importante a grande quantidade de amido presente.

Segundo o NRC (2011) os fatores que afetam o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos pelo peixe são o consumo, o tamanho do animal e a temperatura da água. Além disso, os ingredientes testados geralmente são incluídos na ração referência na razão de 30:70 (30% do ingrediente teste e 70% da dieta referência). De acordo com Glencross *et al.* (2007) a variação na proporção do alimento teste pode ser compreendida entre 20 e 40% pois são mais próximos dos teores comumente praticados na elaboração da ração. Embora haja um certo consenso sobre a concentração ideal de um ingrediente teste em ensaios de digestibilidade, sua variação pode ser experimentada no intuito de verificar suas possíveis interações com os demais constituintes das dietas (Allan *et al.*, 1999ab).

Cuidados devem ser tomados quando da comparação de valores de digestibilidade aparente, visto que, diferenças nos métodos de coleta de fezes podem influenciar os resultados obtidos e nas análises realizadas (Allan *et al.*, 2000). Além da inclusão do ingrediente teste nas rações para determinação da digestibilidade que variam de 18,67% até 64,85%.

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia da quirera de arroz quando incluída em distintas concentrações em dietas para a tilápia do Nilo.

2. Material e métodos

2.1 Delineamento e procedimento experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudo de Manejo na Aquicultura - GEMAQ, durante 21 dias (sete dias para aclimação); foram utilizadas 480 tilápias com peso médio de $510,0 \pm 12,2$ g, alocadas em 24 tanques de 480 litros com formato cônico cilíndrico, adaptados para a coleta de fezes, com temperatura de água controlada, recirculação de água e aeração constante.

Para a avaliação do ingrediente testado os peixes foram distribuídos de forma aleatória em um delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (cinco níveis de inclusão e uma referência), tendo cada tratamento quatro repetições.

2.2 Formulação de ração

Foram formuladas seis dietas, sendo uma referência e as demais com a inclusão de ingrediente teste (6; 12; 18; 24; e 30%) (Tabela 1).

Tabela 1: Tratamentos e suas respectivas percentagens de ração referência e inclusão de ingredientes testes.

Tratamentos	Dietas testadas
T 1	Ração referência
T 2	94% ração referência + 6% ingrediente teste
T 3	88% ração referência + 12% ingrediente teste
T 4	82% ração referência + 18% ingrediente teste
T 5	76% ração referência + 24% ingrediente teste
T 6	70% ração referência + 30% ingrediente teste

As rações fornecidas aos peixes durante o experimento foram preparadas na fábrica de ração do GEMAQ (Tabela 2). Os ingredientes foram triturados individualmente em moinho tipo martelo com peneira de 0,3 mm, pesados e misturados conforme as respectivas quantidades e dietas. A homogeneização das dietas foi realizada manualmente e umedecidas com 18% a 22% de água, peneiradas por quatro vezes sucessivas em malha de 0,5 mm a fim de garantir a homogeneidade do óxido de cromo III. O processo de extrusão foi realizado em extrusora (EX Micro®) com matriz de 3 mm. Após o processamento das dietas, foram secas em estufa de circulação de ar forçada por 12 horas a 55°C e na sequência armazenadas em freezer (-10°C)

Tabela 2: Composição percentual e química da dieta referência.

Ingredientes (%)	Dieta referência
Farelo de soja	21,22
Farelo de trigo	24,96
Milho	29,77
Farinha de peixe	17,83
Arroz quirera	5,00
Cloreto de colina	0,10
Antifúngico ¹	0,10
Cloreto de sódio	0,30
Premix (min+vit) *	0,50
Vitamina C	0,10
Antioxidante ²	0,02
Óxido de cromo	0,10
Total (%)	100
Composição Química	
Matéria Mineral (%)	9,74
Matéria Seca (%)	93,88
Proteína Bruta (%)	25,73
Energia Bruta-(kcal/g)	4,08
Extrato Etéreo (%)	3,67

*Composição básica do produto: Vitamina A; Vitamina D3; Vitamina E; Vitamina K3; Vitamina B1; Vitamina B2; Pantotenato de cálcio; Vitamina B6; Vitamina B12; Niacina; Ácido fólico; Biotina; inositol; Sulfato de ferro; Sulfato de manganês; Sulfato de zinco; Iodato de cálcio; Selenito de sódio; Sulfato de cobre; Carbonato de cobalto; Sorbato de potássio; Antioxidante (Ácido fosfórico, B.H.A, Etoxiquin, ácido cítrico).¹ Propionato de cálcio; ² Banox[®]

Foram obtidos através de análise bromatológica da quirera de arroz, os valores de proteína bruta, matéria seca, energia bruta, matéria mineral e aminoácidos essenciais e não essenciais, todos com base na matéria seca (Tabela 3).

Tabela 3. Análise bromatológica da quirera de arroz: valores de proteína bruta, matéria seca, energia bruta, matéria mineral e aminoácidos essenciais e não essenciais, todos com base na matéria seca. IT (ingrediente teste)

Parâmetros*	IT	Níveis de inclusão				
		6%	12%	18%	24%	30%
Quirera de arroz						
MS (%)	89,484	92,117	91,771	91,504	91,844	91,319
MM (%)	4,001	3,770	3,603	3,835	3,797	4,004
PB (%)	8,590	27,220	26,576	23,809	23,540	22,674
EB (kcal/g)	4,395	4,297	4,596	4,358	4,315	4,316
Aminoácidos essenciais						
Arginina	1,553	1,743	1,668	1,616	1,512	1,457
Lisina	1,162	1,306	1,249	1,171	1,129	1,006
Isoleucina	0,932	1,015	0,973	0,942	0,885	0,826
Histidina	0,564	0,597	0,57	0,541	0,518	0,473
Leucina	1,823	1,9	1,815	1,754	1,639	1,56
Metionina	0,396	0,429	0,402	0,4	0,39	0,363
Fenilalanina	1,048	1,129	1,091	1,055	0,986	0,951
Theonina	0,895	0,978	0,927	0,897	0,833	0,802
Valina	1,141	1,253	1,203	1,178	1,639	1,56
Met + Cis	0,77	0,841	0,806	0,8	0,746	0,726
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	1,383	1,476	1,402	1,342	1,271	1,196
AASP	2,092	2,294	2,171	2,09	1,974	1,869
Glutamina	3,79	4,066	3,874	3,718	3,517	3,393
Glicina	1,64	1,851	1,736	1,654	1,548	1,459
Pro	1,604	1,752	1,634	1,588	1,459	1,372
SER	1,136	1,27	1,207	1,183	1,053	1,047
Cistina	0,374	0,412	0,404	0,4	0,356	0,363

2.3 Alimentação e coleta das fezes

Os parâmetros de qualidade de água foram mensurados semanalmente em unidade experimental, visto que, a temperatura da água (26,17°C), pH (6,88) e oxigênio dissolvido (3,60 mg.L⁻¹), estando dentro dos padrões para a espécie em estudo (Kubitza, 2000); a mensuração da amônia tóxica foi realizada através do uso de kit comercial, estando dentro dos padrões aceitáveis para a espécie utilizada neste trabalho.

A adaptação dos peixes à ração teste foi realizada durante sete dias, sendo fornecida alimentação cinco vezes ao dia nos seguintes horários: 08:00, 11:00, 14:00; 16:00 e 18:00 com taxa de alimento de 4% do peso vivo. Após o período de adaptação, iniciou-se as coletas das fezes.

As fezes foram coletadas pelo método indireto (NRC, 2011), sendo realizada diariamente no período da manhã as 7:00h, antes da primeira alimentação; a cada dia foram congeladas a -15°C e após a coleta do volume necessário as fezes foram secas em estufa à temperatura de 55 ° C durante 72 horas.

Diariamente realizou-se a limpeza dos tanques 30 minutos após a primeira alimentação e após 30 minutos da última alimentação, sendo renovado por dia 1/3 do volume total de água de cada tanque. O filtro e o decantador foram higienizados diariamente nos mesmos horários da limpeza dos tanques.

2.4 Análises químicas e bromatológicas

Para a determinação da matéria seca (MS), amostras de fezes, farelo de arroz e quireira de arroz e ração foram submetidas à estufa por oito horas à temperatura de 105°C. As análises e cálculos de proteína, cinzas e energia das amostras foram realizadas de acordo com AOAC (2005).

A análise de quantificação do óxido de cromo das amostras foi realizada de acordo com metodologia descrita por BREMER NETO et al. (2005). Os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, EB e Aminoácidos foram determinados de acordo com o NRC (2011) conforme as equações 1 e 2:

Equação 1:

$$CDA_D = 1 - \frac{Cr_2O_3(D)}{Cr_2O_3(F)} \times \frac{N(F)}{N(R)}$$

Onde: CDA_D : coeficiente de digestibilidade aparente da dieta;

$Cr_2O_{3(D)}$: crômio presente na dieta;

$Cr_2O_{3(F)}$: crômio presente nas fezes;

$N_{(F)}$: nutriente presente nas fezes;

$N_{(R)}$: nutriente presente na ração

Equação 2:

$$CDA_I = CDA_{DT} + \left((CDA_{DT} - CDA_{DR}) \times \left(\frac{a \times D_R}{b \times D_I} \right) \right)$$

Onde: CDA_I : coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente teste;

CDA_{DT} : coeficiente de digestibilidade aparente da dieta;

CDA_{DR} : coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência;

a: percentagem de dieta referência;

D_R : percentagem de nutriente da ração referência;

b: percentagem de ingrediente teste;

D_I : percentagem de nutriente do ingrediente teste.

2.5 Análise estatística dos dados

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram inicialmente submetidos à análise para verificar a normalidade e homogeneidade, quando estes não atendiam o pressuposto de normalidade foram transformados e em seguida realizado o teste de variância ANOVA, sendo posteriormente aplicado teste de Tukey a 5% de significância; com auxílio do software Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

3. Resultados

Os maiores valores ($p < 0,05$) para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDA_{PB}) e percentagem de proteína digestível foram obtidos para o nível 30% de QA (93,13%), sendo equivalente a 24% (Tabela 4). Os menores valores ($p < 0,05$) do CDA_{PB} e de proteína digestível foram encontrados para os peixes alimentados com as dietas contendo 6 e 12% de inclusão de QA (Tabela 4). A ração contendo 18% de QA demonstrou valores intermediários do CDA_{PB} e proteína digestível (Tabela 4).

O valor superior para o coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDA_{EB}) foi obtido para o nível de 30% de QA (98,58%), sendo semelhante a 24% (Tabela 4). O menor valor encontrado para o CDA_{EB} foi representado pela dieta contendo 6% de QA. O comportamento dos resultados do CDA_{EB} e da energia digestível foi equivalente ao nível de inclusão nas rações, ou seja, quanto maior a inclusão do ingrediente teste, maior também foi o aproveitamento energético dos peixes.

Em relação aos níveis de inclusão do CDA do aminoácido, o nível de inclusão de 30% apresentou a maior média entre todos eles (95,09%), seguido pelo 24% (94,13%), 18%, 6% e 12% (93,50%, 91,54% e 84,83%), respectivamente.

Em relação aos aminoácidos essenciais, evidenciou-se que a metionina, histidina e metionina com cistina apresentaram resultados maiores de coeficiente de digestibilidade (Tabela 4). A metionina teve maior CDA com nível de 6% de inclusão (100%), seguidos pelo 30 e 24% (97,89 e 97,79%; respectivamente), não obtendo diferença entre eles ($p > 0,05$) (Tabela 4). Em relação a histidina, esse aminoácido essencial apresentou altos valores de coeficiente de digestibilidade quando incluso 6% do ingrediente (98,50%), seguidos pelos níveis de 24 e 18% de inclusão (97,12 e 96,78; respectivamente) (Tabela 4). Entretanto, aminoácido como arginina apresentou resultados inferiores de coeficiente de digestibilidade principalmente quando o nível de inclusão da quirera de arroz foi menor (6, 12 e 18%) (Tabela 4), apresentando diferenças estatísticas entre os resultados ($p < 0,05$).

Contudo, em relação aos aminoácidos não essenciais destacam-se a serina (SER) e glutamina (GLU) com coeficientes de digestibilidade superiores aos demais (Tabela 4). A serina apresentou concentrações maiores de CDA quando o nível de inclusão foi de 30% (100%), seguidos por 24 e 6% (97,16 e 97,15%) respectivamente, obtendo diferenças significativas entre eles ($p < 0,05$) (Tabela 4). Em relação a glutamina, esse aminoácido não essencial destacou-se quando o nível de inclusão foi de 18% (98,53%), não obtendo diferenças significativas dos demais níveis ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Por fim a prolina apresentou valores inferiores aos demais aminoácidos, demonstrando CDA menor no nível de 12% (78,49%), estatisticamente semelhantes em todas as concentrações ($p>0,05$) (Tabela 4).

Em relação a inclusão de 6% de quirera de arroz, os valores mais altos de coeficiente de digestibilidade estão relacionados aos aminoácidos metionina, histidina e metionina + cistina. (100%, 98,50% e 96,09% respectivamente). Entretanto, os menores valores foram de arginina (87,33%) e de isoleucina (87,67%).

Quando o nível de inclusão foi de 12% de quirera de arroz, se destacam os aminoácidos histidina (94,58%) e met+cis (88,09%) e os menores valores foram de arginina (62,40%) e isoleucina (81,29%). Em relação ao nível de inclusão de 18% do ingrediente teste, a histidina apresentou maior coeficiente de digestibilidade (96,78%), seguida por met+cis (95,60%) e isoleucina (92,01%), entretanto a arginina apresentou menor CDA (82,50%).

Quando foram incrementados 24% de quirera de arroz, os maiores valores de coeficiente de digestibilidade foram da metionina com cistina, metionina e lisina (96,27%, 97,78% e 94,49%) respectivamente. Por último, grande parte dos aminoácidos apresentou maior coeficiente de digestibilidade quando incluso 30% de quirera de arroz.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e aminoácidos essenciais e não essenciais de quirera de arroz com seis níveis distantes de inclusão

Parâmetros*	Níveis de inclusão						p-valor
	REF	6%	12%	18%	24%	30%	
Quirera de Arroz							
MS (%)	92,11%	91,77%	91,50%	91,84%	91,31%	91,35%	-
PD	8,59	6,22	5,59	6,98	7,69	7,99	-
ED	4,39	3,48	3,78	4,00	4,14	4,33	-
CDAPB (%)	86,39±1,45b	72,52±2,59c	65,18±2,98c	81,33±2,78b	89,55±2,34ab	93,13±2,79a	<0000,1
CDAEB (%)	81,71±1,68b	77,29±2,38d	86,21±1,29c	91,14±0,96b	94,20±2,14ab	98,58±0,60a	<0000,1
Aminoácidos essenciais							
Arginina	97,7494	87,33±6,08a	62,40±11,3b	82,50±6,37ab	90,88±7,72a	98,57±1,52a	0,225441
Lisina	96,3889	87,67±6,63	87,83±0,98	88,66±3,82	94,49±3,12	97,08±1,92	0,070522
Isoleucina	94,4713	86,41±6,55	81,29±11,2	92,01±3,32	92,23±4,30	93,43±1,52	0,112091
Histidina	96,5422	98,50±2,76	94,58±2,00	96,78±0,70	97,12±2,05	95,74±0,68	0,144371
Leucina	95,1879	89,81±13,25	90,90±7,21	94,27±3,28	91,67±1,37	87,75±1,97	0,377855
Metionina	94,9311	100±6,58	87,54±8,64	96,75±4,57	97,79±3,68	97,89±2,00	0,032441
Fenilalanina	95,0900	94,43±8,91	93,14±5,87	95,14±6,24	90,34±2,25	86,39±3,64	0,05876
Theonina	94,0616	87,91±10,9	85,66±2,51	91,57±1,64	93,85±6,15	98,10±1,64	0,001070
Valina	93,8713	87,11±6,95	81,99±5,85	91,51±2,38	90,40±4,14	93,70±0,63	0,082128
Met + Cis	94,9372	96,09±2,80	88,09±7,82	95,60±3,27	96,27±4,49	97,71±1,92	0,062724
Aminoácidos não essenciais							
Alanina	93,2893	89,65±16,9	79,28±26,6	96,70±10,5	92,72±15,0	80,63±5,14	0,592059
AASP	97,0953	88,29±8,94b	79,71±1,00b	90,68±3,07ab	96,14±3,58a	97,83±1,51a	0,05876
Glutamina	97,6259	98,22±4,14	93,53±3,11	98,53±0,90	98,26±1,37	97,90±0,42	0,006135
Glicina	95,0200	92,40±3,65ab	76,62±15,0b	95,72±3,98ab	95,91±8,44a	100±2,09 ^a	0,018412
Prolina	95,9854	84,58±12,0	78,49±22,2	92,09±4,54	90,75±7,92	96,28±2,11	0,141847
Serina	96,3701	97,15±1,37ab	91,45±3,88b	96,69±1,72ab	97,16±3,55ab	100±1,02 ^a	0,100673
Cistina	94,9311	90,75±3,09	89,69±7,05	94,33±1,95	94,39±4,27	97,48±1,50	0,210277

*Proteína digestível (PD), Energia digestível (ED); Metina + cistina (Met+cis), Ácido aspártico (AASP), médias com letras diferentes no mesmo nível de inclusão são significativamente diferentes (Tukey) $p < 0,05$. REF: Referência

4. Discussão

Os subprodutos de arroz aparecem como ingredientes para o uso em dietas de tilápia do Nilo por causa dos seus altos valores nutritivos e energéticos quando comparados as outras fontes energéticas, por isso são importantes para estudos de digestibilidade.

O valor encontrado para matéria seca correspondeu a 89,48%, próximo aquele encontrado por Furuya *et al.* (2001) (88,91%), porém menor em relação ao verificado por Gonçalves *et al.* (2008) (91,91%). Esta diferença pode ser explicada pelo fato de os ingredientes serem adquiridos de indústrias de processamento de rações de diferentes locais, mudando assim a quantidade de umidade presente nos grãos que varia em relação a região e, portanto, afeta diretamente na porcentagem de matéria seca.

O valor energético de rações para tilápias, geralmente, é expresso como energia digestível (ED), uma vez que a determinação do valor de energia metabolizável é difícil, por problemas associados à coleta dos metabólitos dos peixes que pode dificultar as análises dos resultados (Furuya *et al.*, 2008). O equilíbrio entre o conteúdo em energia e os nutrientes em uma ração é importante para as atividades de manutenção, crescimento e reprodução dos peixes (Hoar e Randall, 1969).

O alto valor do CDA_{EB} da quirera de arroz encontrado neste trabalho (98,58%), é próximo ao verificado por Guimarães *et al.* (2006) que obtiveram 95,34%. Os autores afirmam que o elevado conteúdo de amido presente no alimento estudado (cerca de 75%) pode ter sido o responsável pelo alto índice de aproveitamento da fração energética, pois, após o processo de extrusão das rações, ocorre aumento da digestibilidade da energia por meio do fracionamento, gelatinização e expansão do amido quando submetido à alta temperatura e pressão na presença de umidade.

Dentre os CDA_{EB} encontrados no presente estudo verificou-se respostas elevadas quando comparados com os resultados descritos por Santana *et al.* (2017), onde os autores constataram que aproximadamente 50% do alimento teste foi aproveitado pelos jundiás. Essas diferenças nos resultados obtidos reforçam que apesar de possuir o mesmo hábito alimentar onívoro, as espécies possuem suas particularidades e suas próprias adaptações fisiológicas (Oliveira e Fracalossi, 2006; Gominho-Rosa, 2012).

A proteína é o principal constituinte estrutural e visceral dos animais, sendo necessário seu contínuo suprimento alimentar para atender às devidas exigências de manutenção, reprodução e crescimento do organismo (Furuya *et al.*, 2001). Portanto é um

nutriente essencial na alimentação de animais criados na piscicultura, sendo fonte de aminoácidos e nitrogênio para a conformação da proteína corporal, além do mais, em últimos casos, podem ser utilizados como fonte de energia e síntese de glicose (NRC, 2011). As proteínas são abundantes em sistemas biológicos, sendo importantes para os processos vitais de organismos aquáticos (Champe & Harvey, 1996).

Para proteína bruta o valor encontrado de 8,59% é próximo ao resultado de Furuya *et al.* (2001) (7,39%), assim como o de Guimarrães *et al.* (2006) (8,21%). O valor encontrado para energia bruta de 4,395 kcal.g⁻¹ é superior ao encontrado por Guimarrães *et al.* (2006) (3,712 kcal.g⁻¹) e superior ao encontrado por Santana *et al.* (2017) (2,872 kcal.g⁻¹).

Conforme os valores de inclusão da quirera de arroz foram alterados, o aproveitamento da proteína foi influenciado de diferentes formas ($P < 0,05$), resultado semelhante ao encontrado por Teixeira *et al.* (2010) usando tambaqui como espécie de estudo, que ao implementar um maior nível de inclusão de quirela de arroz, encontrou redução do CDA_{PB}, ressaltando assim a quantidade energética deste alimento.

Uma das principais preocupações dos nutricionistas animais é a necessidade de entender qual é a capacidade de absorção de aminoácidos, de modo que as dietas possam ser formuladas para fornecer aminoácidos adequados, mas não excessivos, para um determinado estado de produção (Matthews 2000).

A determinação do coeficiente de digestibilidade de um aminoácido é essencial para formular uma dieta balanceada. Assim, é fundamental a determinação da digestibilidade dos aminoácidos que compõem os alimentos de origem vegetal.

Portanto, é necessário e eficaz a presença dos aminoácidos para os animais, visto que, torna-se fundamental para suas atividades vitais e, conhecer como cada alimento pode prover tal nutriente é condição indispensável para a elaboração de dietas finamente balanceadas, pois é sabido que os peixes não possuem exigência pautada em proteína bruta e sim em aminoácidos (NRC, 2011).

De acordo com Gaylord *et al.* (2004) e Wilson *et al.* (1981), existe alta correlação entre a digestibilidade dos aminoácidos com a proteína do ingrediente teste. Entretanto, segundo Furuya *et al.* (2001), é recomendável realizar a digestibilidade de cada aminoácido, visto que pode ocorrer dentro de um alimento diferenças de coeficientes de digestibilidade entre eles.

Estas observações assemelham-se com os resultados encontrados no presente trabalho (Tabela 4), onde verificou-se diferenças entre os aminoácidos em cada nível de inclusão (6%, 12%, 18%, 24% e 30%).

Deste modo, em relação aos aminoácidos essenciais, a arginina demonstrou melhores resultados com nível de inclusão de 18%, semelhante ao encontrado por Ribeiro (2011) (84,97%) quando inserido 18% de farelo de trigo na dieta referência, contudo Guimarães (2006), utilizando 40% de inclusão de quirera de arroz obteve uma CDA de 97,16%, muito semelhante a encontrada neste trabalho quando incluídos 30% de quirera de arroz (98,17%).

Um trabalho realizado Higuera (2001) mostra que deficiências de arginina levam à diminuição do consumo de ração pelos peixes, tal fato corrobora a importância deste aminoácido na dieta. De acordo com Bordieri *et al.* (2005), a arginina em quantidades necessárias ao peixe é importante para facilitar o desenvolvimento neurológico.

Entre os aminoácidos essenciais, a leucina apresentou resultados semelhantes com os CDA encontrados por Furuya (2001) e Wilson (1981), quando utilizaram o milho como fonte energética. Outro resultado que corrobora com o nível médio de leucina (85,89%) encontrado no presente trabalho foi de Furuya (2001) com juvenis de tilápia utilizando farelo de trigo (81,3%) com 30% de inclusão.

Em relação a metionina, estudos realizados com diferentes fontes energéticas e com 30% de inclusão demonstraram baixo CDA desse aminoácido. De acordo com Ribeiro (2011), os CDA de metionina foram de 71,62% e 72,44% quando utilizou o milho e o farelo de trigo, respectivamente. Furuya (2006) encontrou com nível de inclusão de 30% para farelo de trigo um CDA_{AA} de 74,16; entretanto quando utilizou milho como fonte de inclusão, este valor aumentou consideravelmente para 92,36%, tal diferença pode ser explicado pelo fato de o farelo apresentar uma maior concentração de fibras em sua matéria, dificultando assim o processo de extrusão, diminuindo assim o seu CDA.

Em respeito a treonina, esse aminoácido apresentou menor CDA quando o nível de inclusão foi de 12%. Guimarães 2008, quando testou quirera de arroz como alimento referência, obteve uma CDA de 37,36% e quando incluiu farelo de arroz esse valor aumentou para 48,88%, entretanto tais fatos corroboram com o resultado encontrado neste trabalho. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Furuya *et al.* (2001), mas diferem dos observados por Koprucu e Ozdemir (2004). Essas diferenças de resultados encontrados podem estar relacionadas as composições químicas desses ingredientes (Watanabe *et al.*, 1996)

Essa baixa digestibilidade da treonina pode ser explicada por sua alta concentração na camada de mucina da mucosa intestinal (Fuller, 1994). Além disso, a temperatura do processo de extrusão pode afetar a biodisponibilidade de aminoácidos devido à formação de complexos com monossacarídeos redutores (Cheftel 1986; Higuera 1987), causando assim uma variação entre alguns resultados obtidos sobre esse aminoácido.

Outro aminoácido essencial é a valina, que desempenha várias funções importantes no organismo dos peixes, principalmente para a síntese proteica (Suryawan *et al.*, 2011). A valina obteve melhores resultados quando inserido 30% de quirera de arroz (93,70%) com uma diminuição do seu coeficiente de digestibilidade aparente quando o nível de inclusão foi menor. Tal fato corrobora com o trabalho realizado por Furuya *et al.* (2001) no qual alcançou um CDA_{AA} maior quando incluso 30% de milho (89,26%). Entretanto, este mesmo autor encontrou uma CDA_{AA} menor (69,84%) utilizando o trigo como fonte energética. Tal fato corrobora com Guimarães *et al.* (2006) quando inserido 40,00% de quirera de arroz na dieta teste, demonstrando que o CDA_{AA} (45,29%) diminuiu com o aumento da inclusão do farelo de arroz, este fato está relacionado a alta quantidade de fibra deste alimento, dificultando assim a sua digestibilidade. Tais diferenças nos resultados podem ser explicadas pelo fato de serem alimentos diferentes e sabe-se que cada alimento apresenta a sua peculiaridade e composição química.

Entre os aminoácidos essenciais encontra-se a isoleucina, este apresenta importância na síntese de proteínas, mas também é um regulador da degradação de proteínas nos peixes (Nose, 1979; NRC, 2011). De acordo com um trabalho realizado por Furuya *et al.* (2001), utilizando o milho como ingrediente teste, a isoleucina demonstra maiores resultados de CDA_{AA} quando o nível de inclusão do alimento teste aumentou (80,76% com 30% de inclusão), tal fato aconteceu quando o mesmo autor utilizou trigo como ingrediente teste (81,37% de CDA_{AA}). No presente trabalho, este aminoácido apresentou maior coeficiente de digestibilidade aparente quando inseridos 30% de quirera de arroz na formulação de ração, corroborando com os autores supracitados. Entretanto, segundo Guimarães *et al.* (2006), quando a inserção de quirera de arroz ultrapassa de 30%, o CDA_{AA} diminuiu (45,29% com 40,00% de inclusão de quirera de arroz), este fato pode ser explicado pela alta quantidade de fibra no alimento, dificultando a sua digestibilidade.

A histidina é um aminoácido essencial para os peixes, segundo Li *et al.* (2009), ela desempenha um papel importante na síntese de proteínas, estimulando o crescimento

do músculo esquelético e genes relacionados ao crescimento muscular em juvenis de tilápia do Nilo (Michelato *et al.*, 2017). A histidina neste trabalho apresentou resultados altos de CDA_{AA} não tendo diferença entre os níveis ($p>0,05$), entretanto o maior resultado foi com inclusão de 6% de ingrediente teste (IT) (98,50%). De acordo com Guimarães *et al.* (2006) a histidina apresenta alto CDA_{AA} quando inclusos 40,00% de quirera de arroz (85,42%) e para farelo de arroz (76,77%). Sendo assim, a histidina apresenta um alto CDA com derivados de arroz em diferentes níveis de inclusão.

Entre os aminoácidos não essenciais o ácido aspártico (ASP) demonstrou coeficiente de digestibilidade aparente menor quando incluso 12% de ingrediente teste (79,71%), este fato também ocorreu com Furuya *et al.* (2002) quando realizaram um estudo com quirera de arroz com juvenis de tilápia, encontrando 75,07% de coeficiente de digestibilidade aparente para o ácido aspártico. De acordo com Guimarães (2006), quando o nível de inclusão foi de 18% utilizando milho de alimento teste, o coeficiente de digestibilidade do ASP aumentou (88,77%), esse fato corrobora com Ribeiro (2011), que testou o farelo de trigo como fonte energética e encontrou 86,33% de CDA do ácido aspártico.

Em termos de nutrição, a suplementação de glutamina na dieta de tilápias tem sido estudada como uma forma de melhorar o desempenho e a saúde dos peixes (Silva *et al.*, 2008). No presente trabalho, a glutamina apresentou valores significativos quando a inclusão do ingrediente teste foi de 18%, entretanto, não apresentou resultados distintos ($p>0,05$) dos outros níveis. Pesquisas indicam que a adição de glutamina à dieta pode melhorar a taxa de crescimento, a eficiência alimentar e a resposta imunológica em tilápias (Silva *et al.*, 2010), corroborando assim a importância do fornecimento correto deste aminoácido na formulação da ração, visando a melhor digestibilidade do ingrediente em estudo pelo organismo.

A digestibilidade de um nutriente pode variar consideravelmente em função do ingrediente utilizado, do nível de inclusão, dos nutrientes da dieta, da interação de seus nutrientes e no processamento de ração (NRC, 2011).

Essas diferenças podem ser devidas ao método de processamento da ração, O processamento da ração é um dos vários fatores que podem influenciar a digestibilidade. Além disso, a temperatura do processo de extrusão pode afetar a biodisponibilidade de aminoácidos devido à formação de complexos com monossacarídeos redutores (Cheftel 1986; Higuera 1987)

Na literatura, o nível de inclusão de 30% (30% ingrediente teste + 70% dieta referência) é o mais utilizado pelos autores, pela facilidade da formulação da ração e principalmente pela escassez de trabalhos que utilizem outros níveis de inclusões. Com isso, este trabalho buscou novas metodologias e níveis diferentes de inclusão de alimento teste.

Os resultados obtidos no presente estudo reforçam as citações de Kubarik (1997) e Tengjaroenkul *et al.* (2000), de que as tilápias possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que favorecem a utilização de alimentos de origem vegetal. Tal fato, corrobora ainda com os resultados de Fagbenro (1998) e Furuya *et al.* (1999), que observaram elevada eficiência da tilápia do Nilo em utilizar alimentos convencionais e alternativos de origem vegetal.

5. Conclusão

A quirera de arroz é um alimento com alto teor energético e grande digestibilidade, principalmente com aminoácidos. Em relação a proteína bruta, o melhor nível de inclusão foi de 30%, assim como para a energia bruta. Para os aminoácidos, destaca-se também o nível de 30% de inclusão.

6. Referências

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A. et al (2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186:293-310..

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. & Warner-Smith, R. (2000) Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186, 293–310

Andrigueto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I. et al (1982). *Nutrição animal*. Paraná: Nobel, 1982. v.1. 395p.

Bordieri L, Di Patti MCB, Miele R, Cioni C (2005) Clonagem parcial do cDNA da sintase do óxido nítrico neuronal (nNOS) e distribuição regional do mRNA da nNOS no sistema nervoso central da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Mol Brain Res 142:123–133

Borghesi, R., Dairiki, J.K., Cyrino, J.E.P (2009). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for dourado *Salminus brasiliensis*. Aquaculture Nutrition, 15, 453–458;

Boscolo, W.R.; Hayashi, C.; Meurer, F. (2002.). Digestibilidade aparente da energia e proteína bruta de alguns alimentos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.539-545,

Bremer Neto, H.; Graner, C. A. F.; Pezzato, L. E.; Padovani, C. R. (2005). Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. Ciência rural, v.35, n.3, p. 691-697.

Brito, J.M.; Pontes, T.C.; Tsujii, K.M.; Araújo, F.E.; Richther, B.L. (2017) Automação na tilapicultura: Revisão de literatura, desempenho, piscicultura, tecnologias, tilápias. Nutritime,14, 5053–5062

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

Carvalho, J.L.V.; Bassinello, P.Z. Aproveitamento industrial. In: Santos, A. B.; STONE, L. F.; Vieira, N. R. A. (2006.). A cultura do arroz no Brasil. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, cap. 24. p. 1007-1042.

Cheftel, J.C., 1986. Nutritional effects of extrusion-cooking. Food chemistry 20, 263-283.

Cho, C.H. (1987). La energia en la nutrición de los peces. In: Nutrición en cuicultura II. Madrid-España: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta,. p.197-237.

De Silva, S.S.; Anderson, T.A. (1995). Fish Nutrition Aquaculture. London: Chapman & Hall, 319p.

Fagbenro, O.A. (1998) Apparent digestibility of various oilseed cakes/meals in African catfish diets. *Aquac. Int.*, 6, 317–322.

FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Roma, 200p.

Fuller, M.F.; Milne, A.; Harris, C.I.; Reid, T.M.; Keenan, R. (1994). Amino acid losses in ileostomy fluid on a protein-free diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.59, n.1, p.70–73.

Furuya, W. M (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM. 100 p.

Furuya, W. M., Fujii, K. M., Santos, L. D., Silva, T. S. C., Silva, L. C. R. & Sales, P. J. P. (2008). Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1517-1522.

Furuya, W. M., L. E. Pezzato, A. C. Pezzato, M. M. Barros, AND E. C. De Miranda. (2011). Digestibility coefficients and digestible amino acids values of some ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Brazilian Journal of Animal Science* 33(4):1143–1149.

Furuya, W. M.; Fujii, K. M.; Santos, L. D.; Silva, T. S. C.; Silva, L. C. R.; Sales, P. J. P. (2008). Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-donilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.9, p.1517-1522.

Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Miranda, E.C. (2001). Coeficiente de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38., Piracicaba. Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1407-1409.

Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Pezzato, A.C (2001). Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.4, p.1143-1149.

Gaylord, T. G.; Rawles, S. D.; Davis, K. B (2005). Dietary tryptophan requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops x M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition*, v. 11, n. 5, p. 367-371.

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 13–34

Gominho-Rosa, M.D.C.; Moraes, G. ; Fracalossi, D. M. (2012). Níveis crescentes de amido de milho em dietas para o jundiá (*Rhamdia quelen*): desempenho, digestibilidade e metabolismo.

Gonçalves, G.S.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M. (2009). Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-donilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.12, p.2299- 2305

Guimarães, I.G.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fernandes, R.N (2012). Apparent nutrient digestibility and mineral availability of proteinrich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(8): 1801-1808;

Hoar, W. S.; Randall, D. J. (1983). *Fish Physiology*. Academic Press, New York and London. vol. 1: Excretion, Ionic regulation, and Metabolism. 465p.

Hossain, M.A.; Jauncey, K. (1989). Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, Amsterdam, 83:59-72.

Kopruçu, K. & Özdemir, Y. (2004) Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250, 308–316.

Kubarik, J. 1997. Tilapia on highly flexible diets. *Feed International*, 6:16-18

Kubitza, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 1ª ed. Jundiaí: F. Kubitza, 229p, 2003.

Magalhães-Júnior, O. F.; Souza, R. H. B.; Passinato, E. B.; Cipriano, F. S.; Lima, K. S.; Tonini, W. C. T.; Braga, L. G. T. (2016). Apparent digestibility of nutrients and energy of conventional ingredients for the silver mojarra, *Diapterus rhombeus*. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, n.3, p. 1655-1666.

Matthews, J.C. (2000) Amino acid and peptide transport systems. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition* (DMello, J.P.F. ed.), pp. 3–23. CAB International, 2000.

Michelato, M.; Zaminhan, M.; Boscolo, W. R.; Nogaroto, V.; Vicari, M.; Artoni, R. F.; Furuya, V. R. B.; Furuya, W. M. (2017). Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. *Aquaculture*, v. 467, p. 63-70.

Natori, M.M (2011); Ingredientes derivados do milho para dietas de tilápia do Nilo e pacu: digestibilidade, desempenho e viabilidade econômica. Pirassununga, 106 f.

NRC (2011) *Nutrient Requirement of Fish and Shrimp*. Washington: DC. National Academies Press.

Oliveira Filho, P.R.C.; Fracalossi, D.M.(2006). Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.1581-1587,

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (1985). *Necesidades de energía y de proteínas*. Ginebra: OMS.

Ostrensky, A.; Borghetti, J.R.; Soto, D. (2008). *Aquicultura no Brasil: O Desafio é Crescer*; Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca: Brasília, Brazil; 276p

Pezzato, L. E., Miranda, E. D., Barros, M. M., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M. & Pezzato, A. C. (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31,1595-1604.

Pezzato, L. E.; Miranda, E. C.; Barros, M. M.; Pinto, L. G. Q.; Furuya, W. M.; Pezzato, A. C. (2022). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1595-1604.

Rostagno, H.S. et al. (1994). Composição de alimentos e exigências nutricionais para suínos e aves. Viçosa: UFV, 59p.

Rostagno, H.S. et (2005). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 186p.

Rostagno, Horacio & Albino, L.F.T. & Donzele, Juarez & Gomes, P.C. & Oliveira, R.F. & Lopes, D.C. & Ferreira, A.S. & Barreto, S.L. & Euclides, R.F.. (2011). Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Composição de alimentos e exigências nutricionais.

Santana, Priscila Monise Dos Santos (2017). Digestibilidade aparente da quirera e farelo de arroz para o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) / Priscila Monise dos Santos Santana; orientadora Carolina Nunes Costa Bomfim. – São Cristóvão, . 44 f.: il.

Signor, A. A.; Boscolo, W. R; Feiden, A; Signor, A; Reidel, A. (2007). Triguilho na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): Digestibilidade e Desempenho. Ciência Rural, Santa Maria - RS, v. 37, p. 1116-1121.

Silva, L. E. S. & Galício, G. S. (2012) Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 8, 49-62.

Silva, L. E. S.; Galício, G. S. (2012). Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p. 49-62.

Siqueira, T.V. (2017). Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. p. 53-60.

Takishita, S.S.; Teixeira Lanna, E.A.; Donzele, J.L.; Bomfim, M.A.D.; QuadroS, M.; Souza, M.P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. Revista Brasileira

Teixeira E, Oliveira E, Saliba S, Castro Euler A, Carvalho De Faria P, Crepaldi D, Pimentel Ribeiro L (2010). Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. R. Bras. Zootec.; 39(6): 1180-1185.

Tengjaroenkul, B., Smith B.J., Caceci, T. et al. (2000). Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, 182:317-327

.

Watanabe, T.; Kiron, V.; Satoh, S. (1997). Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151, p. 185-207;

CAPÍTULO 2. Digestibilidade aparente do farelo de arroz incluído em distintas concentrações em rações para tilápia do Nilo

Resumo:

Este estudo tem por objetivo avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente e coeficientes de aminoácidos do farelo de arroz, quando incluídos em diferentes concentrações, em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. O óxido de cromo-II foi utilizado como marcado inerte das rações. Utilizou-se 480 exemplares de tilápia com peso médio de 564 gramas, o experimento teve duração de 21 dias. Os resultados demonstraram maior matéria seca para ao nível de 6%. Apresentou-se o maior coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de proteína em nível de 6% assim como em relação ao CDA de energia, destaca-se o nível de 24%. Em relação aos aminoácidos, o nível de 18% de inclusão apresentou os melhores resultados médios, destacando assim a importância deste ingrediente na formulação de dietas para a tilápia do Nilo.

PALAVRAS-CHAVE: aquicultura, nutrição de peixe, subprodutos de arroz.

Abstract:

This study aimed to evaluate the apparent digestibility coefficients and amino acid coefficients of rice bran, when included in different concentrations, in diets for juvenile Nile tilapia. Chromium-II oxide was used as an inert additive for feed. 480 specimens of tilapia were used with an average weight of 564 grams, the experiment lasted 21 days. The results demonstrated higher dry matter at the 6% level. The highest apparent digestibility coefficient (ADC) of protein was presented at a level of 6%, as well as in relation to the CDA of energy, the level of 24% stands out. In relation to amino acids, the 18% inclusion level presented the best average results, thus highlighting the importance of this ingredient in formulating diets for Nile tilapia.

KEYWORDS: aquaculture, fish nutrition, rice by-products.

1. Introdução

A aquicultura tem sido a atividade que surge não só para fornecer alimento, proteína com alto valor biológico para a população, mas também para gerar emprego e renda (FAO, 2020). Esta atividade nas últimas décadas vem se consolidando devido aos avanços técnicos-científicos da nutrição, reprodução, genética, sanidade e processamento do pescado, bem como, a estabilização da produção pesqueira mundial.

A nutrição é um fator primordial para a maximização dos aspectos produtivos dos animais (Furuya, 2010), e um dos pilares fundamentais para o crescimento e desenvolvimento do setor, no entanto a formulação de dietas balanceadas requer conhecimentos sobre as necessidades nutricionais dos organismos (Thiessen, 2004).

Entre as espécies de peixes mais cultivadas no Brasil está a tilápia do Nilo, tendo grande potencial na piscicultura (Furuya *et al.*, 2008). Os animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação avaliada através da determinação dos coeficientes de digestibilidade (Andrigueto *et al.*, 1982). A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em ração para peixes Cho (1987).

O conhecimento dos valores digestíveis da energia, nutrientes e aminoácidos dos alimentos convencionalmente utilizados em rações para peixe é importante para o balanceamento correto de nutrientes que venham a compor a dieta (Hossain e Jauncey, 1989). De acordo com Pezzato *et al.* (2002) o conhecimento sobre a digestibilidade dos ingredientes possibilita a inclusão destes em formulações de rações para peixes, obtendo-se dietas mais completas e que geram menos poluentes na água.

Dentre os ingredientes disponíveis para a elaboração de dietas de peixe encontram-se os derivados do arroz. O arroz possui propriedades incomparáveis aos demais cereais, é uma excelente fonte de energia, pois é constituído em sua maioria por amido, também é um fornecedor de vitaminas, minerais e proteínas, apresenta baixo teor de lipídeos, além de apresentar características como hipoalergenicidade e sabor agradável, o que o torna interessante para o desenvolvimento de novos alimentos (Hagenimana *et al.*, 2006).

Segundo o NRC (2011) os fatores que afetam o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos pelo peixe são o consumo, o tamanho do animal e a temperatura da água. Além disso, os ingredientes testados geralmente são incluídos na ração referência na razão de

30:70 (30% da dieta teste e 70% da dieta referência). De acordo com Glencross *et al.*, (2007) a variação na proporção do alimento teste pode ser compreendida entre 20 e 40% pois são mais próximos dos teores comumente praticados na elaboração da ração. Embora haja um certo consenso sobre a concentração ideal de um ingrediente teste em ensaios de digestibilidade, sua variação pode ser experimentada no intuito de verificar suas possíveis interações com os demais constituintes das dietas (Allan *et al.*, 1999ab).

As proteínas são abundantes em sistemas biológicos, sendo importantes para os processos vitais de organismos aquáticos (Champe & Harvey, 1996). Uma das principais preocupações dos nutricionistas animais é a necessidade de entender qual é a capacidade de absorção de aminoácidos, de modo que as dietas possam ser formuladas para fornecê-los de forma adequada, mas não excessivos, para um determinado estado de produção (Matthews 2000). Portanto, o aporte contínuo e eficaz das frações aminoacídicas para os animais torna-se fundamental para suas atividades vitais e, conhecer como cada alimento pode prover tal nutriente é condição indispensável para a elaboração de dietas finamente balanceadas, pois é sabido que os peixes não possuem exigência pautada em proteína bruta e sim em aminoácidos (NRC, 2011).

O valor energético de rações para tilápias, geralmente, é expresso como energia digestível (ED), uma vez que a determinação do valor de energia metabolizável é difícil, por problemas associados à coleta dos metabólitos dos peixes que pode dificultar as análises dos resultados (Furuya *et al.*, 2008). O equilíbrio entre o conteúdo em energia e os nutrientes em uma ração é importante para as atividades de manutenção, crescimento e reprodução dos peixes. (Hoar E Randall, 1969).

É primordial considerar que cuidados devem ser adotados quando são realizadas comparações de digestibilidade aparente, visto que diferenças nos métodos de coleta, horário de coleta e quantidade de fezes coletas, podem influenciar nos resultados (Allan *et al.*, 2000).

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente do farelo de arroz quando incluídos em distintas concentrações em dietas para a tilápia do Nilo.

2. Material e métodos

2.1 Delineamento experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudo de Manejo na Aquicultura - GEMAQ, durante 21 dias (sete dias para aclimação); foram utilizadas 480 tilápias com peso médio de $564 \pm 13,4$ g, alocadas em 24 tanques de 480 litros com formato cônico cilíndrico, adaptados para a coleta de fezes, com temperatura de água controlada, recirculação de água e aeração constante.

Para a avaliação do ingrediente testado os peixes foram distribuídos de forma aleatória em um delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (cinco níveis de inclusão e uma referência), tendo cada tratamento quatro repetições.

2.2 Formulação de ração

Foram formuladas seis dietas, sendo uma referência e cinco com a inclusão de ingrediente teste (6%, 12%, 18%, 24% e 30% posteriormente) (Tabela 1). Os ingredientes foram triturados individualmente em moinho tipo martelo com peneira de 0,3 mm, pesados e misturados conforme as respectivas quantidades e dietas. A homogeneização das dietas foi realizada manualmente e umedecidas com 18% a 22% de água, peneiradas por quatro vezes sucessivas em malha de 0,5 mm a fim de garantir a homogeneidade do óxido de cromo III. O processo de extrusão foi realizado em extrusora (EX Micro®) com matriz de 3 mm. Após o processamento das dietas, foram secas em estufa de circulação de ar forçada por 12 horas a 55°C e na sequência armazenadas em freezer (-10°C).

Tabela 3: Tratamentos e suas respectivas percentagens de ração referência inclusão de ingredientes testes

Tratamentos	Dietas testadas
T 1	Ração referência
T 2	94% ração referência + 6% ingrediente teste
T 3	88% ração referência + 12% ingrediente teste
T 4	82% ração referência + 18% ingrediente teste
T 5	76% ração referência + 24% ingrediente teste
T 6	70% ração referência + 30% ingrediente teste

Durante o período experimental, testou-se um ingrediente vegetal, classificado como alimento energético, sendo ele: o farelo de arroz; à ração referência foi realizada a inclusão de diferentes níveis do alimento teste (Tabela 2). As rações fornecidas aos peixes durante o experimento foram preparadas na fábrica de ração do GEMAQ (Tabela 2).

Tabela 4: Composição percentual e química da dieta referência.

Ingredientes (%)	Dieta referência
Farelo de soja	21,22
Farelo de trigo	24,96
Milho	29,77
Farinha de peixe	17,83
Arroz quirera	5,00
Cloreto de colina	0,10
Antifúngico ¹	0,10
Cloreto de sódio	0,30
Premix (min+vit) *	0,50
Vitamina C	0,10
Antioxidante ²	0,02
Óxido de cromo	0,10
Total (%)	100
Composição Química	
Matéria Mineral (%)	9,74
Matéria Seca (%)	93,88
Proteína Bruta (%)	25,73
Energia Bruta-(kcal/g)	4,08
Extrato Etéreo (%)	3,67

*Composição básica do produto: Vitamina A; Vitamina D3; Vitamina E; Vitamina K3; Vitamina B1; Vitamina B2; Pantotenato de cálcio; Vitamina B6; Vitamina B12; Niacina; Ácido fólico; Biotina; inositol; Sulfato de ferro; Sulfato de manganês; Sulfato de zinco; Iodato de cálcio; Selenito de sódio; Sulfato de cobre; Carbonato de cobalto; Sorbato de potássio; Antioxidante (Ácido fosfórico, B.H.A, Etoxiquin, ácido cítrico).¹ Propionato de cálcio; ² Banox ©

Foram obtidos através de análise bromatológica do farelo de arroz, os valores de proteína bruta, matéria seca, energia bruta, matéria mineral e aminoácidos essenciais e não essenciais, todos com base na matéria seca (Tabela 3).

Tabela 3. Análise bromatológica do farelo de arroz: valores de proteína bruta, matéria seca, energia bruta, matéria mineral e aminoácidos essenciais e não essenciais, todos com base na matéria seca. IT (ingrediente teste)

Parâmetros*	IT	Níveis de inclusão				
		6%	12%	18%	24%	30%
Farelo de arroz						
MS (%)	89,731	92,42	92,5	92,63	92,63	92,55
MM (%)	9,540	9,098	9,482	9,275	9,963	8,332
PB (%)	14,462	26,41	25,03	24,74	23,64	23,22
EB (kcal/g)	5,101	4,502	4,476	4,476	4,529	4,611
Aminoácidos essenciais						
Arginina	1,1199	1,72	1,627	1,622	1,571	1,532
Lisina	0,7056	1,432	1,341	1,315	1,267	1,223
Isoleucina	0,5462	1,016	0,949	0,937	0,904	0,883
Histidina	0,4088	0,635	0,6	0,592	0,577	0,559
Leucina	2,3016	1,885	1,78	1,747	1,684	1,637
Metionina	0,2956	0,467	0,44	0,44	0,429	0,413
Fenilalanina	0,6902	1,131	1,059	1,043	1,011	0,988
Theonina	0,5706	0,987	0,934	0,923	0,886	0,847
Valina	0,8342	1,218	1,152	1,143	1,111	1,091
Met + Cis	0,6265	0,847	0,8	0,801	0,783	0,757
Aminoácidos não essenciais						
Alanina	0,9342	1,458	1,386	1,367	1,319	1,27
AASP	1,3739	2,358	2,217	2,201	2,12	2,042
Glutamina	2,1741	4,044	3,816	3,738	3,593	3,439
Glicina	0,8056	1,693	1,597	1,555	1,487	1,345
Pro	0,6946	1,592	1,502	1,453	1,388	0,847
SER	0,6979	1,152	1,099	1,081	1,037	0,989
Cistina	0,3231	0,38	0,36	0,361	0,354	0,344

2.3 Alimentação e coleta das fezes

Semanalmente foram mensurados de cada unidade experimental a temperatura da água (26,14°C), pH (6,92) e oxigênio dissolvido (3,47 mg.L⁻¹), estando dentro dos

padrões para a espécie em estudo (Kubitza, 2000); a mensuração da amônia tóxica foi realizada através do uso de kit comercial, estando dentro dos padrões aceitáveis para a espécie utilizada neste trabalho.

A adaptação dos peixes à ração teste foi realizada durante sete dias, sendo fornecida alimentação cinco vezes ao dia nos seguintes horários: 08:00, 11:00, 14:00; 16:00 e 18:00 com taxa de alimento de 4% do peso vivo. Após o período de adaptação, iniciou-se as coletas das fezes.

As fezes foram coletadas pelo método indireto (NRC, 2011), sendo realizada diariamente no período da manhã as 7:00h, antes da primeira alimentação; a cada dia foram congeladas a -15°C e após a coleta do volume necessário as fezes foram secas em estufa à temperatura de 55 ° C durante 72 horas.

Diariamente realizou-se a limpeza dos tanques 30 minutos após a primeira alimentação e após 30 minutos da última alimentação, sendo renovado por dia 1/3 do volume total de água de cada tanque. O filtro e o decantador foram higienizados diariamente nos mesmos horários da limpeza dos tanques.

2.4 Análises químicas e bromatológicas

Para a determinação da matéria seca (MS), amostras de fezes, farelo de arroz e quirera de arroz e ração foram submetidas à estufa por oito horas à temperatura de 105°C. As análises e cálculos de proteína, cinzas e energia das amostras foram realizados de acordo com AOAC (2005).

A análise de quantificação do óxido de cromo das amostras foi realizada de acordo com metodologia descrita por Bremer Neto *et al.* (2005). Os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, EB e aminoácidos foram determinados de acordo com o NRC (2011) conforme as equações 1 e 2:

Equação 1:

$$CDA_D = 1 - \frac{Cr_2O_3(D) \times N(F)}{Cr_2O_3(F) \times N(R)}$$

Onde: CDA_D: coeficiente de digestibilidade aparente da dieta;

$Cr_2O_{3(D)}$: crômio presente na dieta;

$Cr_2O_{3(F)}$: crômio presente nas fezes;

$N_{(F)}$: nutriente presente nas fezes;

$N_{(R)}$: nutriente presente na ração

Equação 2:

$$CDA_I = CDA_{DT} + \left((CDA_{DT} - CDA_{DR}) \times \left(\frac{a \times D_R}{b \times D_I} \right) \right)$$

Onde: CDA_I : coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente teste;

CDA_{DT} : coeficiente de digestibilidade aparente da dieta;

CDA_{DR} : coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência;

a: percentagem de dieta referência;

D_R : percentagem de nutriente da ração referência;

b: percentagem de ingrediente teste;

D_I : percentagem de nutriente do ingrediente teste;

2.5 Análise estatística dos dados

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram inicialmente submetidos à análise para verificar a normalidade e homogeneidade, quando estes não atendiam o pressuposto de normalidade foram transformados e em seguida realizado o teste de variância ANOVA, sendo posteriormente aplicado teste de Tukey a 5% de significância; com auxílio do software Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

3. Resultados

O valor superior para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDA_{PB}) e percentagem de proteína digestível foi obtido para o nível 6% de FA (93,29%), sendo semelhante as dietas contendo 24% de FA (Tabela 4). Em seguida, as

concentrações de 18 e 24% respectivamente apresentaram valores próximos (91,49% e 90,48) ($p < 0,05$). Por fim, o menor CDAPB encontrado foi da ração contendo 12% de FA, não diferindo ($p > 0,05$) de 18 e 24% de FA (Tabela 4).

O coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) foi maior ($p < 0,05$) para o nível de 24% de FA (90,36%), não diferindo da inclusão dos demais níveis (Tabela 4). Assim como o CDAPB, o menor ($p < 0,05$) do CDAEB foi encontrado na dieta contendo 12% de FA. Tanto a porcentagem de 6 quanto a de 12 de FA foram equivalentes ($p > 0,05$) entre si (Tabela 4).

Em relação aos aminoácidos essenciais, a arginina, histidina e lisina com uma diferença de 0,1533%, apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade (Tabela 4). A arginina teve maior CDA com nível de 12% de inclusão (98,10%), seguidos pelo 18 e 24% (97,28 e 96,27%) respectivamente, não apresentando diferença estatística significativa entre eles ($p > 0,05$) (Tabela 4). Entretanto, para os níveis de inclusão de 30% os aminoácidos como metionina, leucina, fenilalanina, valina, cistina e isoleucina apresentaram resultados inferiores quanto ao coeficiente de digestibilidade. A Isoleucina apresentou resultados de CDA para inclusão de 30% (81,98%) semelhante à 12% (84,63%), não diferenciando estatisticamente ($p > 0,05$). Vale ressaltar que a inclusão de 30% do farelo de arroz na dieta apresentou o menor CDA (95,48%), diferenciando estatisticamente ($p < 0,05$) das demais inclusões.

No entanto, quanto aos aminoácidos não essenciais a AASP e glutamina apresentaram coeficientes de digestibilidade superiores com diferença estatística ($p < 0,05$) para o tratamento referência (Tabela 4). A cistina apresentou concentrações maiores de CDA quando o nível de inclusão foi de 18% (98,53%), seguidos por 6 e 24% (95,99 e 92,42%) respectivamente, não apresentando diferença estatística significativa entre eles ($p > 0,05$).

Avaliando os tratamentos com níveis de inclusão crescente o AASP apresentou valores inferiores aos demais aminoácidos, demonstrando CDA semelhante nas concentrações de 6 e 12% (59,39 e 55,78%) respectivamente. Resultado este semelhante a glutamina que apresentou 66,08 e 69,76% para as concentrações de 6 e 12% respectivamente.

Em relação a inclusão de 6% de farelo de arroz, os valores mais altos de coeficiente de digestibilidade estão relacionados aos aminoácidos isoleucina, arginina, valina, metionina + cistina e leucina (97,07%, 97,06%, 96,62%, 96,02 e 95,78%

respectivamente). Entretanto, os menores valores foram de ácido aspártico (59,39%), glutamina (66,08%), treonina (84,98) e histidina (86,21).

Quando o nível de inclusão foi de 12% de farelo de arroz, destacam-se os aminoácidos arginina (98,10%), lisina (97,07%) e serina (94,16%) e os menores valores foram do ácido aspártico (55,78%) e glutamina (69,76%). Quando foram incrementados 18% do ingrediente teste, a lisina apresentou alto coeficiente de digestibilidade (99,66%), seguida por cistina (98,53%), entretanto o ácido aspártico apresentou menor CDA (73,89%).

Em relação ao nível de inclusão de 24% de farelo de arroz, a lisina apresentou o maior CDA (97,58%), seguida pela arginina (96,27%) e o menor valor encontrado foi o do ácido aspártico (84,14%) para este nível de inclusão. Por último, grande parte dos aminoácidos apresentou menor coeficiente de digestibilidade quando incluso 30% de farelo de arroz.

Quanto aos valores médios dos aminoácidos em relação aos níveis de inclusão, o maior encontrado neste trabalho foi de 24% (91,69%), seguido pelo 18% (91,41%), 6% (88,94%), 30% (86,47%). Entretanto, o menor nível encontrado foi ao inserir 12% de farelo de arroz (84,60%).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e aminoácidos essenciais e não essenciais do farelo de arroz com seis níveis distantes de inclusão

Parâmetros*	Níveis de inclusão						p-valor
	REF	6%	12%	18%	24%	30%	
Farelo de arroz							
MS (%)	92,55	92,57%	92,55%	92,52%	92,26%	92,42%	
PD	14,462	13,49	13,01	13,23	13,46	13,08	-
ED	5,101	4,57	4,26	4,40	4,60	4,35	-
PB (%)	95,354	93,29±0,87a	89,96±2,20b	91,49±0,399ab	93,12±1,73a	90,48±1,07ab	-
EB (kcal/g)	91,252	89,62±0,56	83,52±6,61	86,45±1,47	90,36±2,30	85,35±1,35	-
Aminoácidos essenciais							
Arginina	97,7494	97,06±1,33a	98,10±0,40a	97,28±0,12a	96,27±0,9ab	94,27±0,93b	0,008573
Lisina	96,3889	92,00±5,33	97,07±0,56	99,66±0,44	97,98±0,55	94,94±0,25	0,163294
Isoleucina	94,4713	97,07±3,89	86,60±11,28	93,63±5,94	89,55±0,91	83,14±2,74	0,341628
Histidina	96,5422	86,21±1,39ab	78,26±1,96c	82,74±0,74b	89,80±0,77a	89,64±0,53a	0,000019
Leucina	95,1879	95,78±4,36	87,86±3,39	95,80±0,67	91,70±0,47	87,05±1,31	0,026616
Metionina	94,9311	95,03±13,51	89,86±15,81	90,57±4,18	93,12±0,63	87,89±2,72	0,887436
Fenilalanina	95,0900	92,58±7,28	90,86±8,87	98,251,36	91,30±0,65	87,53±1,22	0,205987
Theonina	94,0616	84,98±7,51	88,39±3,43	94,48±0,42	92,43±0,97	86,09±1,87	0,435215
Valina	93,8713	96,62±4,49	90,83±8,18	91,51±6,08	91,25±2,27	85,14±0,19	0,403158
Met + Cis	94,9372	96,02±2,73a	92,4±5,48 ab	95,50±1,30a	92,52±0,29a	88,44±0,63a	0,212143
Aminoácidos não essenciais							
Alanina	93,2893	92,53±9,95	72,37±7,29	94,32±3,99	94,47±1,9	80,23±1,27a	0,023365
AASP	97,0953	59,39±2,86c	55,78±2,30c	73,89±1,58b	84,14±0,68a	80,81±1,27a	0,000000
Glutamina	97,6259	66,08±4,00b	69,76±4,63b	74,09±2,08ab	82,10±1,13a	88,53±0,67a	0,001348
Glicina	95,0200	87,28±15,61	75,78±8,02	92,30±5,20	94,00±1,25	81,90±1,90	0,262526
Pro	95,9854	90,19±13,0	77,95±11,07	88,22±5,55	93,57±1,25	84,37±1,90	0,472447
SER	96,3701	86,87±1,54b	94,16±3,76a	93,30±0,45ab	91,24±0,38ab	89,06±1,90a	0,032132
Cistina	94,9311	95,99±2,81	92,29±5,76	98,53±1,37	92,42±0,31	88,17±0,65	0,21721
Média	-	88,94%	84,60%	91,41%	91,69%	86,76%	-

4. Discussão

Os subprodutos de arroz aparecem como ingredientes para o uso em dietas de tilápia do Nilo por causa dos seus altos valores de digestibilidade de nutrientes e energia, além de apresentarem menores custos quando comparados as outras fontes energéticas, por isso os subprodutos de arroz são importantes para estudos de digestibilidades.

A digestibilidade total ou da matéria seca de um alimento ou de uma dieta, mostra o quanto do alimento ou da dieta foi digerido pelo organismo estudado (De Silva, 1995). Os valores de 89,73% para matéria seca estão próximos ao encontrado por Pezzato *et al.* (2002), Meurer *et al.* (2003), Signor *et al.* (2007) e Furuya *et al.* (2001), porém inferior ao resultado encontrado por Guimarrães *et al.* (2007) de 91,74%. Esse valor alto de matéria seca está relacionado com a quantidade de fibra presente no farelo de arroz. Os altos níveis de fibra encontrados nas dietas à base de vegetais atuam acelerando a taxa de passagem do alimento pelo trato intestinal, reduzindo o processo de digestão e absorção do nutriente, diminuindo assim a digestibilidade da matéria seca como observado por Lanna *et al.* (2004), que avaliando níveis de fibra na dieta de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*), encontraram redução dos coeficientes de digestibilidades dos alimentos quando houve aumento no teor das frações de lignina, celulose e hemicelulose das rações.

Em relação a energia bruta o valor encontrado (5,101 kcal.g⁻¹) no presente estudo é bem próximo ao de Meurer *et al.* (2003) (5,101 kcal.g⁻¹) e superior ao encontrado por Furuya *et al.* (2001) (4,840 kcal.g⁻¹) e Guimarães *et al.* (2006) (4,098 kcal.g⁻¹). Possivelmente essa diferença de resultados encontrados esteja relacionada à composição química, origem, processamento e presença ou não de fatores antinutricionais do ingrediente, como o arroz possui alta quantidade de amido, a expansão do mesmo no processamento da fabricação da ração pode diferenciar os resultados encontrados por vários autores.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDA_{EB}) foram influenciados conforme as alterações de inclusão do ingrediente teste nas rações, porém esses valores estão de acordo com os comumente encontrados na literatura quando utilizado 30% de inclusão do ingrediente teste. Santana *et al.* (2017) encontraram um valor próximo ao do presente trabalho estudando o aproveitamento energético do tambaqui (84,07%) utilizando farelo e quirera de arroz. Ressalta-se que se trata de um peixe de hábito alimentar onívoro, semelhante a tilápia, o que pode ter sido a razão da equivalência dos CDA_{EB}'s.

Os carboidratos apresentam-se como a fonte de energia menos onerosa para os peixes e o fato da tilápia do Nilo aproveitar eficientemente estes compostos (Wilson, 1994; Shiau, 1997), faz com que sua utilização como nutriente poupador de proteína possa reduzir os custos nas formulações de rações.

A proteína é o principal constituinte estrutural e visceral dos animais, sendo necessário seu contínuo suprimento alimentar para atender às devidas exigências de manutenção, reprodução e crescimento do organismo Furuya *et al.* (2001). A proteína é um nutriente essencial na alimentação de animais cultivados na piscicultura, sendo fonte de aminoácidos e nitrogênio para a proteína corporal, que podem ser utilizados como fonte de energia e síntese de glicose (NRC, 2011).

Para a proteína bruta, o valor encontrado de 14,46% no presente estudo é próximo aquele observado por Furuya *et al.* (2001) de 12,80%. Entretanto, foi superior ao encontrado por Pezzato *et al.* (2002) que foi de 8,50%. Essa diferença pode estar relacionada com a fabricação da ração pois os subprodutos do arroz possuem alta quantidade de amido e no momento da fabricação dessas rações, mesmo que em quantidades menores, aliada ao processo de trituração desse grão, expõe essa proteína a assim os diferentes tipos de elaborações de rações podem explicar essa diferença entre os resultados. Outro fato que pode explicar as variações composicionais do farelo de arroz encontradas por diversos autores está relacionado ao cultivar (local de plantio, variações climáticas, linhagens, entre outros), bem como as condições de processamento da matéria prima que podem ser distintas entre as beneficiadoras de arroz existentes. Segundo Pezzato *et al.* (2002) e Silva *et al.* (2006) estudos demonstram que ingredientes com semelhantes composições químicas podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade.

Dentre os CDA_{PB} 's houve alterações nos resultados ($p < 0,05$) conforme a inclusão do alimento teste. Esses valores estão de acordo com o resultado encontrado por Santana *et al.* (2017) que estudando o aproveitamento de proteína bruta do farelo e quirera de arroz pelo tambaqui, obtiveram CDA_{PB} de 92,97%. Possivelmente, o hábito alimentar de ambas espécies, que é similar, tenha refletido na equivalência de aproveitamento. Embora o farelo de arroz seja de grande importância na elaboração de dietas para peixes, ainda é incipiente o montante de informações disponíveis na literatura científica.

Os menores valores de coeficiente de digestibilidade observados no presente estudo podem ser por consequência do efeito dos polissacarídeos não amiláceos, que tendem a aumentar a viscosidade do bolo alimentar e, por consequência, interferem

negativamente na velocidade de trânsito alimentar, diminuindo a digestibilidade dos alimentos (Borghesi *et al.*, 2009; Chowdhury *et al.*, 2012). Vieira (2007) avaliando diferentes variedades de subprodutos de arroz, concluiu que a fibra alimentar presente no farelo é composta basicamente por hemicelulose, com grande capacidade de retenção de água, e por lignina, que é considerada indigestível. Devido à ausência de padronização no processamento das rações, a composição química do farelo de arroz pode apresentar grande variação nos resultados em diferentes trabalhos realizados com digestibilidade.

A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de um aminoácido é primordial para o balanceamento de uma dieta. Visto que grandes quantidades de alimentos de fonte energética são utilizadas para a formulação de ração.

De acordo com Wilson *et al.* (1981), existe uma reação entre a proteína do ingrediente teste com a digestibilidade dos aminoácidos. Com tudo, segundo Furuya *et al.* (2001), é interessante realizar a digestibilidade individual de cada aminoácido, visto que pode acontecer dentro do próprio alimento diferenças entre os níveis de inclusão.

Estas observações assemelham-se com os resultados vistos no presente trabalho (Tabela 4), onde encontrou-se diferentes comportamentos entre os aminoácidos em cada nível de inclusão (6%, 12%, 18%, 24% e 30%).

O farelo de arroz comprado com os outros alimentos considerados energéticos apresenta menor digestibilidade na maioria dos aminoácidos quando inclusos 30% de ingrediente teste (Guimarães, 2006). No presente estudo, este caso aconteceu na maioria dos aminoácidos quanto inclusos 30% de farelo de arroz, sendo assim conforme a inclusão do ingrediente teste aumentou (6%, 12%, 18%, 24% e 30%) o coeficiente de digestibilidade diminuiu.

Estes resultados corroboram aos obtidos por Wilson *et al.* (1981), com o bagre do canal, os quais mostraram menor digestibilidade dos aminoácidos deste ingrediente quanto aumentou o seu nível de inclusão.

A baixa digestibilidade de alguns alimentos de origem vegetal pode estar relacionada com a quantidade e composição química dos carboidratos que estes contêm (McGoogan & Reigh, 1996). Segundo Shiau (1997) a tilápia utiliza carboidratos complexos mais eficientemente que nas formas mais simples. De acordo com Forster (1999), diferentes equações resultam em distintos resultados, principalmente se a concentração de nutrientes do ingrediente por diferentes entre essas equações.

Em relação aos aminoácidos essenciais, a arginina demonstrou melhores resultados com nível de inclusão de 18%, com uma diminuição do seu coeficiente de

digestibilidade quando aumentou o nível de inclusão (98,10% - 12%, 97,06% - 6%, 96,27 - 24% e 94,27% - 30%, respectivamente). Tal fato corrobora com o trabalho realizado por Guimarrães *et al.* 2006 (85,47%) quando inserido 40,00% de farelo de arroz na dieta teste, demonstrando que o CDA diminui com o aumento da inclusão do farelo de arroz, este fato está relacionado a alta quantidade de fibra deste alimento, dificultando assim a sua digestibilidade. Furuya *et al.* (2002), obtiveram digestibilidade de 84,04%, semelhante a encontrada neste trabalho quando incluiu maior concentração, utilizando farelo de trigo.

De acordo com Bordieri *et al.* (2005), a arginina em quantidades necessárias no peixe é importante para facilitar o desenvolvimento neurológico para tilápias do Nilo. Um trabalho realizado Higuera (2001) mostra que deficiências de arginina leva à diminuição do consumo de ração pelos peixes, tal fato corrobora a importância deste aminoácido na dieta.

Outro aminoácido essencial é a metionina, estudos realizados com diferentes fontes energéticas, quando utilizam 30% demonstram um baixo coeficiente de digestibilidade aparente deste aminoácido. No presente trabalho, a metionina apresentou alto CDA, sendo ele: 95,03% com inclusão de 6% do ingrediente teste. Entretanto, em um trabalho realizado por Ribeiro (2011), utilizando milho e farelo de trigo, encontrou um CDA igual a 71,62% e 72,44%, respectivamente. Segundo Furuya *et al.* (2001), quando utilizaram milho como ingrediente teste, com uma proporção de inclusão de 30%, o valor de CDA da metionina aumentou para 92,36%. Essas diferenças podem ser devidas ao método de processamento da ração. Além disso, a temperatura do processo de extrusão pode afetar a biodisponibilidade de aminoácidos devido à formação de complexos com monossacarídeos redutores (Cheftel 1986; Higuera 1987).

Outro importante aminoácido essencial é a lisina, a qual apresentou resultados parecidos com os coeficientes de digestibilidades médios encontrados por Furuya *et al.* (2001) (90,23%) que utilizou milho como ingrediente teste com nível de 30% de inclusão. Entretanto quando comparados com Guimarães (2006) utilizando o farelo de arroz (68,56%) e milho (65,56%) os resultados se mostraram distintos. Tal fato demonstra que essas diferenças podem estar relacionadas com o processamento da ração, método de coleta das fezes, temperatura de extrusão da ração, umidade utilizada para o processamento da ração, entre outros fatores, que influenciam da digestibilidade de um alimento.

Entre os aminoácidos essenciais encontram-se a treonina, que apresentou maior coeficiente de digestibilidade com o nível de inclusão de 18% (94,48%). Pezzato (2022), quando testou milho como ingrediente teste, obteve um CDA de 85,60%, com 30% de nível de inclusão, entretanto Furuya (2001) utilizando farelo de trigo como alimento teste obteve um CDA de 73,08%, tal diferença pode estar relacionada com as distintas composições químicas dos alimentos, idade dos peixes e pelo método que foi realizado o processamento da ração (Watanabe *et al.*, 1996).

Além disso, a temperatura do processo de extrusão pode afetar a biodisponibilidade de aminoácidos devido à formação de complexos com monossacarídeos redutores (Cheftel 1986; Higuera 1987), causando assim a variação entre alguns resultados obtidos sobre esse aminoácido.

Em relação aos aminoácidos não essenciais a cistina apresentou o maior CDA quando incluso 6% do ingrediente referência, quando a proporção de inclusão foi de 30%, o CDA apresentou-se menor (88, 17%), tal fato corrobora com os resultados encontrados por Guimarrães (2006), utilizando uma proporção de 40% de farelo de arroz, onde obteve um CDA de 35,64%, no mesmo trabalho quando testou quirera de arroz, obteve um CDA de 29,52%. De acordo com Moritz *et al.* (2001), a cistina sofre um processo de hidrólise intensa provocando a conversão desse aminoácido em lantionina, o que aumenta o seu CDA. Segundo Furuya (2002), utilizando o milho como ingrediente teste, o CDA da cistina aumenta para 88,55%, essa diferença pode ser explicada pelo fato de serem diferentes alimentos e cada um apresentar características fisiológicas distintas.

Entre os aminoácidos não essenciais o ácido aspártico (ASP) demonstrou coeficiente de digestibilidade menor quando incluso 12% de ingrediente teste (55,78%), e quando incluso 30% de farelo de arroz, este CDA aumentou para 80,81%. De acordo com Guimarães (2006), quando o nível de inclusão foi de 40%, com farelo de arroz e quirera de arroz para alimentos testes, os coeficientes de digestibilidade do ASP foram de 72,58% e 75,07%, respectivamente. Esse fato corrobora com Ribeiro (2011), que testou o farelo de trigo como fonte energética e encontrou 86,33% de CDA do ácido aspártico.

Este baixo CDA do farelo de arroz em alguns aminoácidos pode ser devido ao elevado nível de fibra o que pode levar à oxidação de alguns aminoácidos durante a extrusão (Wilson *et al.*, 1981). Além disso, a temperatura do processo de extrusão pode afetar a biodisponibilidade de aminoácidos devido à formação de complexos com monossacarídeos redutores (Cheftel 1986; Higuera 1987)

De acordo com Pezzato *et al.* (2002), ingredientes com semelhantes composições químicas podem apresentar distintos coeficientes de digestibilidade, que a diferença entre esses resultados pode estar relacionada com a fabricação da ração e trituração de grãos. Segundo Silva *et al.* (2006) outro fator que pode afetar o CDA são as condições de processamento da matéria prima que podem ser diferentes de lugar para lugar. De acordo com o NRC (2011), a digestibilidade de um nutriente pode variar consideravelmente em função do ingrediente utilizado, do nível de inclusão, dos nutrientes da dieta, da interação de seus nutrientes e no processamento de ração.

Animais que se alimentam de dietas desbalanceadas em aminoácidos apresentam prejuízo na utilização da fração nitrogenada, afetando a síntese proteica, tendo um prejuízo no ganho em peso e no rendimento de carcaça (Kaushik; Seiliez, 2010).

Na literatura, o nível de inclusão de 30% (30% ingrediente teste + 70% dieta referência) comumente é o mais utilizado pelos autores, em alguns casos chegando até 60% de inclusão. Principalmente pela facilidade da formulação da ração e sobretudo pela escassez de trabalhos que utilizem outros níveis de inclusões. Com isso, este trabalho buscou novas metodologias e níveis diferentes de inclusão de alimento teste, buscando alternativas eficazes visando diminuir custos relacionados a produção de ração mantendo uma boa digestibilidade dos nutrientes.

5. Conclusão

O farelo de arroz é um alimento com alto teor energético e com boa digestibilidade da proteína. Em relação a proteína bruta, o melhor nível de inclusão foi de 6%, entretanto para a energia bruta o melhor CDA foi com 24%. Em relação aos aminoácidos, destacam-se os níveis de 18% e 24% de inclusão do ingrediente teste, porém quando o nível de inclusão chega aos 30%, os coeficientes de digestibilidade diminuem na grande maioria dos aminoácidos, mostrando assim o farelo de arroz ser um alimento com alto teor de fibra, inibindo a digestibilidade de alguns aminoácidos com o aumento do nível de inclusão.

6. Referências

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A. et al (2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186:293-310.

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. & Warner-Smith, R. (2000) Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186, 293–310.

Andrigueto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I. et al (1982). *Nutrição animal*. Paraná: Nobel, 1982. v.1. 395p.

Bordieri L, Di Patti MCB, Miele R, Cioni C (2005) Clonagem parcial do cDNA da sintase do óxido nítrico neuronal (nNOS) e distribuição regional do mRNA da nNOS no sistema nervoso central da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. *Mol Brain Res* 142:123–133.

Borghesi, R., Dairiki, J.K., Cyrino, J.E.P (2009). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for dourado *Salminus brasiliensis*. *Aquaculture Nutrition*, 15, 453–458.

Bremer Neto, H.; Graner, C. A. F.; Pezzato, L. E.; Padovani, C. R. (2005). Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Ciência rural*, v.35, n.3, p. 691-697.

Champe, P.C.; Harvey, R.A (1989). Enzimas. In: *Bioquímica ilustrada*. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas, p.53-66.

Cho, C.H. (1987). La energia en la nutrición de los peces. In: *Nutrición en cuicultura II*. Madrid-España: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta,. p.197-237.

De Silva, S.S.; Anderson, T.A. (1995). *Fish Nutrition Aquaculture*. London: Chapman & Hall, 319p.

Fagbenro, O.A. (1998) Apparent digestibility of various oilseed cakes/meals in African catfish diets. *Aquac. Int.*, 6, 317–322.

FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Roma, 200p.

Forster, I. (1999) A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition (Short Communication)*, 5, 143-145.

Furuya, W. M (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM. 100 p.

Furuya, W. M., Fujii, K. M., Santos, L. D., Silva, T. S. C., Silva, L. C. R. & Sales, P. J. P. (2008). Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1517-1522.

Furuya, W. M., L. E. Pezzato, A. C. Pezzato, M. M. Barros, AND E. C. De Miranda. (2011). Digestibility coefficients and digestible amino acids values of some ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Brazilian Journal of Animal Science* 33(4):1143–1149.

Furuya, W. M.; Fujii, K. M.; Santos, L. D.; Silva, T. S. C.; Silva, L. C. R.; Sales, P. J. P. (2008). Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-donilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.9, p.1517-1522.

Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Miranda, E.C. (2001). Coeficiente de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38., Piracicaba. Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1407-1409.

Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Pezzato, A.C (2001). Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.4, p.1143-1149.

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 13–34

Guimarães, I.G.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fernandes, R.N (2012). Apparent nutrient digestibility and mineral availability of proteinrich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(8): 1801-1808;

Higuera, M. de la. (1987) Diseños e métodos experimentales de evaluación de dietas. In: *Nutrición en Acuicultura II* (Monteros, J.A.E. de los, Labarta, M. ed.), pp 291-318. Madrid: Comis Asesora de Investigación Científica y Técnica.

Hoar, W. S.; Randall, D. J. (1983). *Fish Physiology*. Academic Press, New York and London. vol. 1: Excretion, Ionic regulation, and Metabolism. 465p.

Kubitza, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 1ª ed. Jundiaí: F. Kubitza, 229p, 2003.

Lanna, E. A. T.; Pezzato, L. E.; Cecon, P. R.; Furuya, W. M.; Bomfim, M. A. D. (2004) Digestibilidade Aparente do Trânsito Gastrintestinal em Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em Função da Fibra Bruta da Dieta. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.6, p.2186- 2192.

Matthews, J.C. (2000) Amino acid and peptide transport systems. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition* (DMello, J.P.F. ed.), pp. 3–23. CAB International,

McGoogan, B.B. & Reigh, R.C. (1996) Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, 141, 233-244.

Moritz, J.S. & Latshaw, J.D. (2001) Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poult. Sci.*, 80, 79–86

NRC (2011) *Nutrient Requirement of Fish and Shrimp*. Washington: DC. National Academies Press.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (1985). *Necesidades de energía y de proteínas*. nebra: OMS.

Pezzato, L. E., Miranda, E. D., Barros, M. M., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M. & Pezzato, A. C. (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 31,1595-1604.

Santana, Priscila Monise Dos Santos (2017). Digestibilidade aparente da quirera e farelo de arroz para o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) / Priscila Monise dos Santos Santana; orientadora Carolina Nunes Costa Bomfim. – São Cristóvão, . 44 f.: il.

Shiau, S.Y. (1997) Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. Aquaculture, 151, 79-96.

Signor, A. A.; Boscolo, W. R; Feiden, A; Signor, A; Reidel, A. (2007). Triguilho na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): Digestibilidade e Desempenho. Ciência Rural, Santa Maria - RS, v. 37, p. 1116-1121.

Silva, L. E. S. & Galício, G. S. (2012) Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 8, 49-62.

Silva, L. E. S.; Galício, G. S. (2012). Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p. 49-62.

Thiessen, D. (2004) Optimization de feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds: the Canadian Prairie perspective. In: Cruz, S. et al.; Avances in nutrición acuicola vii. Memorias del VII Simposium Internacional de nuricion acuicula, Hermosillo, Sonora, México, 16-19.

Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S. & Kiron, V. (1996) Digestible crude protein contents of various feedstuffs determined with four freshwater fish species. Fish. Sci., 62, 278–282.

Wilson, R.P. (1994) Review: utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture, 124, 67- 80.

Wilson, R.P., Robinson, E.H., and Poe, W.E. (1981) Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. J. Nutr., 111, 923-929.

Considerações finais

Os derivados de arroz possuem um alto teor energético e com boa digestibilidade dos aminoácidos. Sendo assim uma excelente alternativa para a produção de ração buscando manter um elevado nível de digestibilidade e com um menor custo de produção. Frequentemente o nível de inclusão de um ingrediente teste encontrado na literatura é de 30% - 70%, entretanto neste trabalho novos níveis de inclusão foram avaliados e apresentaram resultados significativos, dessa forma e podem ser utilizados nas formulações de rações.