

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EDSON RICHART**

**FARINHA DE RESÍDUOS DE FILETAGEM DA TILÁPIA PARA SUÍNOS**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EDSON RICHART**

**FARINHA DE RESÍDUOS DE FILETAGEM DA TILÁPIA PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

À minha mãe (*in memoriam*), Joana Richart...

... exemplo de vida, força, coragem, caráter, dignidade e sabedoria que nos deixou ...

...Dedico.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de realização da pós-graduação em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão de bolsa durante os anos de 2011 a 2013.

Ao Professor Ricardo Vianna Nunes e Professora Yolanda Lopes da Silva, por suas orientações, pelos ensinamentos e conselhos, e o mais importante pela valorosa e sincera amizade.

Aos amigos Leandro Dalcin Castilha, Jeffersson Rafael Henz e Cleiton Pagliari Sangali, pelo companheirismo, amizade sincera e imensurável colaboração nos momentos em que se fez necessário.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental da UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, pela colaboração.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal e Química, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

A todas as pessoas que, de algum modo, colaboraram na realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

EDSON RICHART, filho de Joana Richart (*in memorian*) e Laurentino Richart, nasceu em Marechal Cândido Rondon – Paraná, no dia 06 de fevereiro de 1985.

Concluiu o Ensino Médio pelo Colégio Estadual Eron Domingues, Marechal Cândido Rondon – Paraná, em dezembro de 2003.

Em dezembro de 2010, diplomou-se em Zootecnia, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon – PR.

Em março de 2011, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em julho de 2013.

## RESUMO

RICHART, EDSON. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2013. **Farinha de resíduos de filetagem da tilápia para suínos.** Orientador: Dr. Ricardo Vianna Nunes.

Com o objetivo de realizar uma avaliação nutricional da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia (FRIFT) para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, foram realizados três experimentos: digestibilidade da energia, digestibilidade dos aminoácidos e desempenho zootécnico. No primeiro experimento, foi determinada a composição bromatológica e os valores de energia digestível e metabolizável da FRIFT, utilizando-se 8 suínos, com peso médio inicial de  $15,10\text{kg} \pm 0,74\text{kg}$ , os quais foram distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições por tratamento. A FRIFT substituiu em 20% a ração referência, à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos. O período experimental teve duração de 12 dias, dos quais sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais e cinco dias de coleta de urina e fezes. Os teores de gordura, Ca e P da FRIFT, correspondentes a 16,82; 6,98 e 3,52%; foram superiores aos encontrados na literatura. Os valores de energia digestível e metabolizável da FRIFT corresponderam a 3.632 e 3.260 kcal/kg, respectivamente, para suínos mestiços, machos castrados, dos 15 aos 30 kg. No segundo experimento, foram determinados os coeficientes de digestibilidade ileal dos aminoácidos da FRIFT, tendo sido utilizados 8 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,27$  kg, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de uma ração basal, cuja única fonte protéica era a FRIFT, e outra ração sem proteína, com a finalidade de determinar a excreção endógena de aminoácidos. A ração basal foi formulada à base de açúcar, amido, casca de arroz, óleo de soja, vitaminas, minerais e aditivos. Utilizou-se o óxido crômico como indicador na determinação dos coeficientes de digestibilidade. Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia, com base no tamanho metabólico, durante 6 dias. Os suínos foram então submetidos à coleta das digestas ileais, pelo método do sacrifício. Foram determinados os valores de matéria seca, proteína bruta, óxido crômico e aminoácidos das digestas, rações e dos alimentos. A perda endógena de aminoácidos foi variável, sendo que leucina e treonina apresentaram as maiores perdas, de 33 e 28 mg/kg de DIP consumida, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos da FRIFT, para arginina, lisina e metionina foram de 84,46; 76,60 e 82,43%, respectivamente, sendo semelhantes aos propostos na literatura contemporânea. No terceiro experimento, foi avaliado o desempenho zootécnico e econômico de suínos alimentados com rações contendo diferentes níveis de FRIFT. Foram utilizados 40 suínos, com peso inicial de  $15,00 \pm 0,87$  kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 tratamentos (0; 5; 10; 15 e 20% de FRIFT), 4 repetições e 2 animais por unidade experimental, distribuídos nos tratamentos com base no parentesco e peso inicial. Os animais foram alojados na creche demonstrativa experimental, dotada de baias metálicas suspensas, piso de polipropileno e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizada em prédio de alvenaria. As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, minerais, vitaminas, aminoácidos e aditivos. Níveis de 0 a 10% de inclusão de FRIFT nas rações não alteraram o peso final (PF) e o ganho de peso diário (GPD) dos suínos, pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ), sendo que a partir de 15% de inclusão de FRIFT já

houve decréscimo no PF e GPD dos animais. As médias da variável conversão alimentar (CA) diferiram ( $P < 0,05$ ), pelo teste de Dunnett, apenas para o último nível de inclusão de FRIFT em relação à ração referência. Para este nível (20% de FRIFT), houve aumento no valor da CA e, portanto, piora no desempenho os suínos. Houve efeito linear decrescente dos níveis de inclusão de FRIFT sobre as variáveis PF ( $P = 0,01$ ), GPD ( $P = 0,01$ ) e efeito linear crescente sobre a CA ( $P = 0,01$ ). Não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) para o custo total da ração (CTR) em nenhum dos níveis de inclusão de FRIFT, pelo teste de Dunnett, quando comparados com a ração referência. Ainda assim, as variáveis ganho proporcional de suínos (GPS) e índice bioeconômico (IBE) apresentaram os melhores resultados ( $P < 0,05$ ) apenas para a ração referência, sendo que a partir de 5% de inclusão de FRIFT já houve piora nos resultados. Já a relação ganho proporcional de suínos:custo da ração (GP:CR) apresentou piora ( $P < 0,05$ ) a partir de 10% de inclusão da FRIFT nas rações. Níveis de até 10% de inclusão da FRIFT, em rações para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30kg, em substituição ao farelo de soja, não prejudicaram o GPD e a CA dos animais. Entretanto, a inclusão de 5% de FRIFT influenciou negativamente as variáveis de desempenho econômico, tornando inviável a inclusão desse alimento em dietas para suínos na fase inicial.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos, farinha de peixe, nutrição de suínos.



## ABSTRACT

RICHART, EDSON. Master Course in Animal Science. Paraná West State University, 2013, march. **Tilapia fileting waste meal for swines**. Adviser: Dr. Ricardo Vianna Nunes.

In order to conduct a nutritional evaluation of meal from tilapia filleting industrial waste (FRIFT) for barrows from 15 to 30 kg, three experiments were accomplished: energy digestibility, amino acids digestibility and animal performance. In the first experiment, the chemical composition and digestible and metabolizable energy of FRIFT was determined, using eight crossbred barrows with average initial weight of  $15.10\text{kg} \pm 0.74\text{kg}$  were used, which were distributed individually in metabolism cages. The experimental design was completely randomized with two treatments and four replicates per treatment. The FRIFT replaced 20% the reference diet, based on corn, soybean meal, vitamins, minerals and amino acids. The experimental period lasted 12 days, of which seven to adapt to the cages and the experimental diets and five days for collection of urine and feces. The values of fat, Ca and P of FRIFT, corresponding to 16.82, 6.98 and 3.52%, were higher than those found in the literature. The values of digestible and metabolizable energy of FRIFT corresponded to 3,632 and 3,260 kcal/kg, respectively, for crossbred barrows from 15 to 30 kg. In the second experiment, the coefficients of ileal digestibility of amino acids of FRIFT were determined, having been used 8 crossbred barrows, with an average initial weight of  $15.00 \pm 0.27$  kg, in a completely randomized design with two treatments and four replications and the treatments consisted of a basal diet whose the only protein source was FRIFT, and other protein-free diet, in order to determine the excretion of endogenous amino acids. The basal diet was formulated with sugar, starch, rice hulls, soybean oil, vitamins, minerals and additives. The chromic oxide was used as an indicator in determining the digestibility coefficients. The animals were fed twice daily, based on metabolic size, during 6 days. The pigs were then submitted to the collection of ileal digesta, by the method of sacrifice. The dry matter, crude protein, amino acid and chromic oxide of digesta, rations and feeds were determined. The endogenous loss of amino acids was variable, as leucine and threonine showed the greatest losses, of 33 and 28 mg / kg DIP consumed, respectively. The coefficients of true ileal digestibility of amino acids of FRIFT for arginine, lysine and methionine were 84.46, 76.60 and 82.43%, respectively, similar to those proposed in contemporary literature. In the third experiment, the growth performance and economic were evaluated for barrows fed diets containing different levels of FRIFT. A total of 40 crossbred barrows with an initial weight of  $15.00 \pm 0.87$  kg were used in a randomized block design, with five treatments (0, 5, 10, 15 and 20% FRIFT), 4 replicates and 2 animals per experimental unit, distributed in treatments based on kinship and initial weight. The animals were housed in demonstrative experimental nursery endowed with elevated metal pens, polypropylene floor and screened sides, equipped with semi-automatic feeders and nipple drinkers, located in masonry building. The experimental diets were formulated based on corn, soybean meal, minerals, vitamins, amino acids and additives. Levels of 0 to 10% of FRIFT inclusion in the diets did not affect the final weight (FW) and average daily gain (ADG) of pigs by Dunnett test ( $P < 0.05$ ), but 15% of FRIFT inclusion resulted in decrease of FW and ADG. The average values of feed conversion (FC) were different ( $P < 0.05$ ) by Dunnett test only for the highest level of FRIFT inclusion in relation to the reference diet. For this level (20% FRIFT), there was increase in FC and therefore worsening in pigs performance. There was decreasing linear effect of levels of FRIFT on variables FW ( $P = 0.01$ ), ADG ( $P = 0.01$ ) and increased linear effect on FC ( $P = 0.01$ ). There was

no difference ( $P>0.05$ ) for the total cost of ration (TCR) in any level of inclusion of FRIFT by Dunnett test, compared with the reference diet. Even though, the proportional gain of pigs (PGP) and bioeconomic index (BI) had the best results ( $P<0.05$ ) only for the reference diet, and 5% of FRIFT has worsened in results. The ratio proportional gain of pigs: feed cost (PGP:FC) worsened ( $P<0.05$ ) with 10% of FRIFT inclusion in the diets. Levels up to 10% of FRIFT inclusion in diets for barrows from 15 to 30kg, replacing soybean meal, did not harm the ADG and FC of the animals. However, the inclusion of 5% FRIFT impaired the economic performance, making it impracticable to include this food in diets for starting pigs.

**Keywords:** Alternative feed, fish meal, swine nutrition.

## LISTA DE TABELAS

|  |          |
|--|----------|
| Tabela 1. Composição química e energética da ração-referência (RR) para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg (matéria natural).....  | 31       |
| Tabela 2. Composição aminoacídica da FRIFT e da casca de arroz, em porcentagem da matéria seca. ....   | 33       |
| Tabela 3. Composição centesimal da ração basal (BASAL) e da dieta isenta de proteína (DIP), para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg. ....  | 34       |
| Tabela 4. Composição química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.....  | 38       |
| Tabela 5. Composição bromatológica e energética da FRIFT, expressas na matéria natural. .  | 41       |
| Tabela 6. Valores energéticos da FRIFT e seus respectivos desvios-padrão, expressos na matéria natural, para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg. ....  | 43       |
| Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade da FRIFT e seus respectivos desvios-padrão, expressos na matéria natural, para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....  | <b>E</b> |
| <b>rro! Indicador não definido.</b>  |          |
| Tabela 8. Valores médios de aminoácidos endógenos ileais (AEI), determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) dos aminoácidos da FRIFT. ....  | 45       |
| Tabela 9. Valores de aminoácidos digestíveis ileais aparentes (ADIA) e verdadeiros (ADIV) da FRIFT. ....   | 48       |
| Tabela 10. Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT. ....   | 49       |
| Tabela 11. Equações de regressão para peso final (PF), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT. ....  | 51       |
| Tabela 12. Custo total da ração (CTR), ganho proporcional de suínos (GPS), relação ganho proporcional:custo da ração (GP:CR) e índice bioeconômico (IBE) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de FRIFT. ....              | 53       |
| Tabela 13. Equações de regressão para o ganho proporcional de suínos (GPS), relação ganho proporcional:custo da ração (GP:CR) e índice bioeconômico (IBE) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT. .... | 54       |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 13        |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....   | 15        |
| 2.1. Alimentação de suínos .....   | 15        |
| 2.2. Alimentos alternativos para suínos .....  | 17        |
| 2.3. Farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia .....  | 20        |
| 2.4. Referências bibliográficas .....  | 22        |
| <b>3. FARINHA DE RESÍDUOS DE FILETAGEM DA TILÁPIA PARA SUÍNOS.....</b>   | <b>24</b> |
| 3.1. Introdução.....   | 28        |
| 3.2. Material e métodos .....  | 30        |
| 3.2.1. Experimento I - Composição bromatológica e valores energéticos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg..... | 30        |
| 3.2.2. Experimento II - Digestibilidade ileal de aminoácidos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.....          | 32        |
| 3.2.3 Experimento III - Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, alimentados com diferentes níveis de farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia .....  | 37        |
| 3.3. Resultados e discussão .....  | 41        |
| 3.3.1 Experimento I - Composição bromatológica e valores energéticos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg ..... | 41        |
| 3.3.2 Experimento II - Digestibilidade ileal de aminoácidos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.....           | 44        |
| 3.3.3 Experimento III - Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, alimentados com diferentes níveis de farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia .....  | 49        |
| 3.4. Conclusões .....  | 55        |
| 3.5. Referências bibliográficas .....  | 56        |

## 1. INTRODUÇÃO

Na produção de suínos, o conhecimento das exigências nutricionais dos animais é fundamental, pois permite fornecer aos animais quantidades adequadas de nutrientes, por meio de rações balanceadas, que atendam, principalmente, seus requerimentos em energia, proteína, aminoácidos, vitaminas e minerais. Visando melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes, minimizar os custos de produção e reduzir a poluição ambiental, nos últimos anos, inúmeras pesquisas têm abordado a nutrição protéica de suínos (JUNQUEIRA et al., 2008).

O avanço da nutrição exige cada vez mais dos nutricionistas a busca por alimentos com alta digestibilidade e que sejam economicamente viáveis. A avaliação de alimentos alternativos e seu uso na alimentação animal possibilitam a redução dos custos de produção e têm reflexos diretos na viabilidade do sistema produtivo (BRUM JR. et al., 2007).

Além da preocupação com a rentabilidade do setor, segundo GERON et al. (2006), diversos subprodutos agroindustriais precisam ser estudados visando ao emprego em larga escala e à redução do seu efeito poluente. Entre eles, destacam-se os resíduos da filetagem de tilápia (cabeça, carcaça e vísceras).

O aumento da produção de resíduos vem provocando impactos ambientais, porque a sua taxa de geração é bem maior que a taxa de degradação. Contudo, devido à implantação de leis ambientais mais severas, que valorizam o gerenciamento ambiental, tem havido uma conscientização gradual dos efeitos nocivos provocados pelo despejo contínuo de resíduos sólidos e líquidos no meio ambiente. Sendo assim, a utilização do resíduo do processamento de peixes para obtenção de novos produtos deve ser realizada de forma correta, possibilitando um aumento da receita e contribuindo para preservação ambiental (JUNQUEIRA et al., 2008).

Os resíduos podem ser basicamente divididos em dois grupos, um destinado à produção animal/vegetal e o outro para uso na alimentação humana. O primeiro grupo seria composto pelos resíduos não adequados para a elaboração de produtos de valor agregado destinados à alimentação humana (vísceras, escamas e o esqueleto incluindo a cabeça). Estes resíduos geralmente são descartados ou utilizados na produção de farinhas, óleos, silagens e compostagens de peixes, destinados à alimentação animal e/ou como fertilizantes (BOSCOLO et al., 2004).

Assim como o rendimento de carcaça, a quantidade dos resíduos também varia em função de alguns fatores: espécie, tipo de corte, tamanho de cabeça, peso do peixe, sistema de criação, entre outros. Quanto às características qualitativas, a principal variação é o acúmulo de gordura visceral. Os peixes criados mais intensivamente vão produzir um acúmulo de

gordura visceral maior que os criados em sistemas semi-extensivos, extensivos ou os capturados na natureza (BRUM JR. et al., 2007).

O principal produto obtido do abate da tilápia é o filé, destinado ao consumo humano. Cerca de 64% da matéria-prima é perdida durante o processamento, gerando grandes quantidades de resíduos com potencial para uso na alimentação animal (PONCE & GERNAT, 2002). De acordo com MAIGUALEMA & GERNAT (2003), as farinhas de peixe comerciais são produzidas a partir de duas principais categorias. A primeira é fabricada com o resíduo obtido após o processo de filetagem, destinado ao consumo humano, e inclui espécies como tilápia e bacalhau. O segundo grupo inclui espécies como anchova, sardinha e cavala, das quais não se prioriza a retirada dos filés.

A produção de resíduos de frigoríficos processadores de peixe, principalmente da indústria de filetagem de tilápias representa, segundo BOSCOLO et al. (2001), entre 62,5 e 66,5% da matéria prima, sendo fundamental o processamento destes resíduos para redução do impacto ambiental. Além disto, a transformação destes resíduos em farinha é uma ótima opção de renda para as indústrias, podendo aumentar sua lucratividade. Alguns trabalhos recentes desenvolvidos com resíduos de indústrias processadoras de pescado têm demonstrado que estes subprodutos podem ser utilizados na alimentação de peixes (BOSCOLO et al., 2004 ).

Segundo GERON et al. (2006), o resíduo de tilápia apresenta em média 68,6% de umidade, 42,9% de proteína bruta, 34,6% de extrato etéreo e 16,3% de matéria mineral (% na matéria seca). No entanto, devido ao processamento a que são submetidos os produtos, ao tipo e à proporção dos constituintes, existe grande variabilidade no valor nutricional e energético desses ingredientes e essas discrepâncias podem proporcionar heterogeneidade nos resultados de desempenho zootécnico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Alimentação de suínos**

A alimentação é o componente de maior participação no custo de produção, podendo ultrapassar 70% dos custos totais, o que demanda uma atenção especial dos suinocultores. Isto implica na escolha cuidadosa dos alimentos, na formulação precisa das rações, e também, na correta mistura dos ingredientes. No atual sistema de produção de suínos, a alimentação à vontade é a mais utilizada, pois busca-se o rápido crescimento animal. Entretanto, com o advento da classificação de carcaças de suínos é possível manejar a alimentação de modo a obter melhores carcaças, com redução de gordura e dos custos de alimentação utilizando-se o arraçamento controlado ou restritivo (BELLAVÉR et al., 1985).

A partir do surgimento do conceito de Proteína Ideal, houve redução nos excessos e desbalanceamentos de aminoácidos, melhorando, desta forma, a sua eficiência de utilização e minimizando a necessidade metabólica de conversão destes nutrientes em gordura, que são depositadas na carcaça, o que aprimorou o metabolismo dos animais e, conseqüentemente, a composição das carcaças (NOVELLO et al., 2007).

Posteriormente, BUNZEN et al. (2008) observam que, em suínos, a eficiência de utilização da energia líquida proveniente da gordura é maior do que a da proteína porque há menor produção de calor com dietas com maior proporção de óleo. A partir de então, os autores observam que a relação entre lisina e energia digestível é importante para o correto crescimento muscular, sendo conhecido o efeito interativo entre esses fatores e a deposição proteica na carcaça.

Com o desenvolvimento genético dos suínos, passou-se a evidenciar uma maior exigência de lisina nas linhagens modernas, produtoras de maior quantidade de carne. Também observou-se que as alterações nas relações entre lisina, treonina, triptofano e aminoácidos sulfurosos, modificava a taxa de deposição de lipídios e proteína na carcaça dos animais (NOVELLO et al., 2007).

Recentemente, SHEURMANN & ROSA (2008) afirmaram ser de fundamental importância o conhecimento do valor nutricional dos alimentos, representado pelo conteúdo de aminoácidos, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e seus valores energéticos para a elaboração de rações para animais monogástricos. De acordo com os autores, estes valores possibilitam a elaboração de rações otimizando o aproveitamento dos nutrientes pelos

animais, evitando deficiências ou excesso de nutrientes, o que tanto auxilia na diminuição de custos, quanto na redução da excreção de nutrientes no ambiente.

Os valores de nutrientes digestíveis são normalmente encontrados nas tabelas de composição de alimentos (NRC, Tabelas Brasileiras, Embrapa...). No entanto, devido à variação das condições experimentais (idade dos animais, genótipo, nível de alimentação) muitas destas tabelas apresentam informações distintas, o que sugere a necessidade de utilizar valores adequados às condições brasileiras para permitir a expressão do potencial máximo de crescimento dos animais (BUNZEN et al., 2008).

O conhecimento das exigências nutricionais e do aproveitamento dos nutrientes pelos animais tem evoluído para a utilização de valores de energia líquida dos alimentos, através de equações, porque parte da EM se perde nos trabalhos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes, na forma de incremento calórico (IC). A energia líquida é calculada por modelos matemáticos que estimam o gasto energético do incremento calórico (EM – IC) da proteína, carboidratos e gorduras (LOPES et al., 2004).

Tendências atuais têm proposto a diferenciação dos valores de energia líquida para suínos em crescimento e porcas adultas (gestantes e lactantes), principalmente para alimentos fibrosos, uma vez que, por possuírem maior tamanho do trato gastrointestinal, ocorre maior fermentação dos microorganismos no intestino grosso, produzindo ácidos graxos voláteis que são em parte aproveitados como fonte de energia pelos suínos (JUNQUEIRA et al., 2008).

As análises laboratoriais (controle de qualidade) das indústrias são pouco usadas para corrigir o valor nutritivo dos ingredientes. Para a indústria de rações, o uso de equações de predição tem sido de extrema importância, não somente para estimar o valor energético dos alimentos, mas também para realizar os ajustes necessários de acordo com a variação da composição, principalmente de proteína, gordura e fibra dos ingredientes (PONCE et al., 2002).

O uso de equação de predição da energia permite maximizar a utilização dos dados de composição obtidos mediante análises laboratoriais de rotina. Nesse sentido, ROSTAGNO et al. (2011) propuseram equações para estimar os valores energéticos dos alimentos, para suínos, que podem ser usadas para corrigir e ajustar as matrizes de energia pelos nutricionistas das indústrias de rações.

Em síntese, na alimentação de suínos modernos, as principais técnicas empregadas para otimizar o aproveitamento dos nutrientes são o uso do conceito de proteína ideal; a formulação de dietas com valores energéticos baseados na energia metabolizável ou líquida, e nos minerais e aminoácidos digestíveis. Além disso, têm sido empregadas enzimas exógenas,



como a fitase, e a utilização de minerais orgânicos nas dietas dos suínos, atentando sempre para o emprego de alimentos com alta digestibilidade e livres de fatores antinutricionais ou compostos indesejáveis (JUNQUEIRA et al., 2008).

## **2.2. Alimentos alternativos para suínos**

Na suinocultura, os custos com alimentação correspondem a até 70% do custo total de produção, o que tem motivado uma constante busca por fontes alimentares alternativas, de qualidade e de menor custo, que atendam às exigências nutricionais dos animais nas suas diferentes fases de produção (LOPES et al., 2004).

Milho e farelo de soja têm sido os principais ingredientes usados na alimentação dos monogástricos em todo o mundo, por isso eles são considerados os ingredientes padrões para comparações entre o valor nutricional de alimentos proteicos e energéticos. Em relação aos suínos, devido aos altos custos da realização de experimentos com porcas gestantes e a similaridade das exigências delas com os suínos na terminação, as alternativas de substituição de milho e/ou farelo de soja por outros ingredientes energéticos e/ou proteicos são relevadas considerando-se os resultados de pesquisas obtidos com animais de terminação. Assim, quando ocorrem oscilações de preços de milho e/ou de farelo de soja, os nutricionistas devem analisar a possibilidade de suas substituições considerando-se desempenhos obtidos com suínos em terminação (FURUYA et al., 2001).

Nesse contexto, a utilização de subprodutos de origem animal na elaboração das dietas consiste numa estratégia para garantir rações balanceadas, proporcionando a sustentabilidade do setor (GERON et al., 2006).

Entretanto, muitas vezes ingredientes considerados “alternativos”, acabam tendo um custo maior do que o milho e o farelo de soja quando se relaciona os custos com o conteúdo de nutrientes e outros fatores. Portanto, a concentração de nutrientes e o valor econômico dos alimentos alternativos devem ser levados em consideração nos momentos de crise econômica no setor. Quando o milho e farelo de soja aumentam de preço e/ou tornam-se escassos, dietas com ingredientes alternativos podem ser mais viáveis, desde que haja disponibilidade destes no mercado e que se conheçam as suas relações de preços em função da troca com milho e/ou farelo de soja (PONCE et al., 2002).

Um ponto importante a se considerar na busca por ingredientes alternativos é que, ao se aumentar a demanda, os preços destes no mercado tendem a aumentar e a vantagem diferencial que teriam pela falta ou aumento de preço dos ingredientes tradicionais (farelo de

soja e milho) tende a desaparecer. Outro fator importante a ser levado em conta na busca de um alimento alternativo é a variação da composição bromatológica destes alimentos em relação às regiões onde são produzidos, aos seus sistemas de produção, ao processo de beneficiamento, à forma de armazenamento e às condições de transporte às quais estes são submetidos. As variações na composição dos alimentos podem ser tão acentuadas de tal forma que seus valores nutricionais não correspondam àqueles informados nas tabelas de composição de alimentos para suínos (VIDOTTI & GONÇALVES, 2006).

De maneira geral, dois pontos iniciais devem ser observados para obter a redução dos custos com a alimentação. Um refere-se ao emprego de alternativas para o processamento dos ingredientes tradicionais (milho e soja) visando a sua inclusão nas rações, e o outro diz respeito ao reconhecimento das potencialidades e restrições no uso dos ingredientes alternativos nas diferentes fases de produção. Isso é uma consequência que se origina da necessidade de que as dietas sejam adequadamente formuladas visando o atendimento das exigências de nutrientes e de energia dos animais, em suas respectivas fases produtivas, e da conveniência de que possíveis fatores antinutricionais, quando presentes na dieta, não ultrapassem os limites máximos que afetem o desempenho. Por isso, sempre que se pensar em alternativas na alimentação, há que se fazer um balanço de nutrientes oferecidos na dieta e o custo de produção da ração, frente aos preços de mercado, devendo haver vantagem econômica para que se façam mudanças (NOVELLO et al., 2007).

De modo geral, os alimentos alternativos pode ser divididos em dois grandes grupos: os de origem vegetal e os de origem animal. Os alimentos de origem vegetal são inúmeros, abrangendo o grupo dos alimentos energéticos (sorgo, arroz, trigo, triguilho, milheto, triticale, mandioca, polpas de frutas...) e os protéicos (algodão, ervilha, girassol, feijão guandu...). Já os alimentos alternativos de origem animal são predominantemente protéicos, mas fornecem grande quantidade de gordura e minerais, oriundos basicamente dos órgãos/tecidos e ossos, respectivamente (TEIXEIRA, 2001).

A farinha de carne e ossos (FCO) é um dos alimentos alternativos de origem animal que merece estudos mais detalhados sobre sua composição química, de modo a se obter o máximo sucesso na utilização desta matéria-prima. É o principal subproduto de abatedouro utilizado na nutrição animal, sendo uma excelente fonte protéica (apresenta teor de proteína bruta entre 35 e 55%) e importante fonte de cálcio e fósforo. É produzida em graxarias e frigoríficos, a partir de ossos e tecidos de animais, após a desossa completa da carcaça de bovinos e/ou suínos. Não deve conter cascos, chifres, pêlos, conteúdo estomacal, sangue e outras matérias estranhas (TEIXEIRA, 2001).

Nos Estados Unidos da América a definição de FCO implica em teor no mínimo 4% de fósforo. O cálcio não deve exceder 2,2 vezes o seu nível e a proteína deve ter solubilidade em pepsina superior a 86%. A composição do material bruto terá significativo efeito na qualidade do produto obtido sendo que a gordura protege a lisina no processamento da FCO. O sobreaquecimento influencia na palatabilidade e qualidade da FCO e cuidados especiais devem ser tomados para eliminar os microrganismos, prevenindo a contaminação da FCO após o processamento. Sua cor é de dourada a marrom, com densidade de 657 a 689 kg/m<sup>3</sup> (ANDERSON et al., 1993).

JUNQUEIRA et al. (2008) explicaram que a FCO é o produto oriundo do processamento industrial de tecidos animais, sendo especificados 5 tipos de FCO com base na PB (35, 40, 50 e 55% de PB). A farinha de carne é obtida de forma semelhante à FCO, mas o nível de fósforo não pode ser superior a 4%. Quando a farinha de carne apresentar mais de 26% de matéria mineral, deverá ser considerada como farinha de carne e ossos.

Segundo a American Feed Manufacture Association (AFMA), a farinha de carne que apresentar mais de 4,4% de fósforo (P) terá a palavra “ossos” incluída em seu nome. Outro alimento alternativo de origem animal amplamente utilizado é a farinha de peixes. A farinha de peixe é um produto seco, obtido a partir da cocção dos resíduos gerados tanto da produção quanto da industrialização ou da comercialização. No processo de obtenção da farinha extrai-se o óleo; portanto, na mesma linha de processamento obtêm-se dois produtos: óleo e farinha de peixe.

As características qualitativas e quantitativas tanto do óleo como da farinha dependem das características da matéria-prima utilizada no processamento, pois qualquer tipo de processamento conserva as referidas características. Com o recente crescimento do número de plantas de processamento de tilápias no Brasil e as diferentes capacidades de produção, a quantidade de resíduos gerados é muito diversificada e seu aproveitamento deve ser devidamente planejado, em função tanto das características da matéria-prima como da finalidade de utilização, região de produção e comercialização. Esses subprodutos têm como principal finalidade a alimentação animal (VIDOTTI & GONÇALVES, 2006).

Para a produção da farinha, o resíduo é cozido em digestor, em alta temperatura (110±10 °C) e por um tempo médio de 1 h e 30 minutos. Após o cozimento, o material passa por uma caixa percoladora, para a retirada do excesso de óleo, e em seguida é prensado, obtendo-se a torta de prensa, a qual é depositada no silo de resfriamento para posterior moagem e ensaque. Durante o cozimento e prensagem obtêm-se o óleo, principalmente em peixes produzidos em sistemas intensivos de criação, pois, nestes, a deposição de gordura é

maior em razão da alimentação e peso de abate, sendo superior à dos peixes de captura. Os óleos são misturados, e a mistura, centrifugada a uma temperatura de 80 °C e estocada em tanque para posterior comercialização (BOSCOLO et al., 2001).

Para efeito de cálculos, o processamento de resíduos obtidos de peixes com peso de abate de até 800 g produz, em média, 85% de farinha e 15% de óleo, enquanto peixes com peso acima de 800 g podem gerar um percentual de 70% de farinha e 30% de óleo. As características de qualidade das farinhas e óleos de peixes variam em função da matéria-prima utilizada, do controle de qualidade no processamento, das formas de proteção contra oxidação de gorduras e do armazenamento. Para o processamento de resíduos de produtos de origem animal torna-se indispensável a utilização de antioxidantes, cuja dosagem é recomendada de acordo com o princípio ativo e o fabricante (BOSCOLO e FEIDEN, 2007).

Alguns pesquisadores têm avaliado a utilização da farinha de peixes em dietas para leitões e verificado resposta consideravelmente variável, o que pode estar relacionado à variação na qualidade das farinhas. O valor final da farinha de peixe como fonte de proteína depende de sua qualidade e de seu efeito no balanço total de aminoácidos da dieta (STONER et al., 1990).

### **2.3. Farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia**

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) representa o segundo peixe de água doce mais cultivado no mundo, tanto em regiões tropicais quanto subtropicais e temperadas (EL-SAYED, 2002). O principal produto obtido do abate da tilápia é o filé, destinado ao consumo humano, mas que corresponde a apenas 30% da carcaça, em média. Dessa forma, cerca de 70% da matéria prima é perdida durante o processamento, gerando quantidades elevadas de resíduos, com grande potencial de uso em rações para animais (PONCE e GERNAT, 2002).

Os percentuais de farinha e de óleo de tilápia obtidos após o processamento do resíduo dependem de vários fatores, sendo o tamanho do peixe e o sistema de produção os que mais influem nos resultados finais. Tilápias com peso de abate entre 650 g e 800 g geram resíduos com baixo nível de gordura, devido à menor deposição na carcaça. Por outro lado, em peixes com peso acima de 800 g, a deposição de gordura na carcaça é proporcionalmente maior, o que se reflete na produção final de farinha e óleo (BOSCOLO et al., 2004).

A produção de resíduos de frigoríficos processadores de peixe, principalmente da indústria de filetagem de tilápias representa, segundo BOSCOLO et al. (2001) entre 62,5 e 66,5% da matéria prima, sendo fundamental o processamento destes resíduos para redução do

impacto ambiental. Além disto, a transformação destes resíduos em farinha é uma ótima opção de renda para as indústrias, podendo aumentar sua lucratividade.

A indústria processadora de peixes gera grande quantidade de resíduos, que, quando não são devidamente processados para uso na nutrição humana ou animal, geralmente são depositados no meio ambiente, gerando problemas como poluição. Este fato, aliado à escassez da farinha de peixe oriunda da pesca extrativa, tem motivado os pesquisadores à realização de diversos trabalhos objetivando substituir a farinha de peixe de boa qualidade por alimentos protéicos alternativos (KOTZAMANIS et al., 2001).

Os resíduos da filetagem da tilápia-do-nilo, que, segundo BOSCOLO et al. (2001), representam em torno de 65% da matéria prima total, são descartados atualmente em duas das três indústrias de filetagem de tilápias-do-nilo ativas na região oeste do Paraná. Em trabalho com a farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia (FR), BOSCOLO & FEIDEN (2007) sugeriram que a FR seria uma potencial fonte de minerais para peixes e, ao avaliarem uma FR com menor teor de matéria mineral, BOSCOLO et al. (2004) observaram ótimos coeficientes de digestibilidade de seus nutrientes, com alto potencial para sua utilização em rações. De modo semelhante, EYNG et al. (2010) observaram que até 8% de inclusão de FR não prejudicou o desempenho produtivo e ainda melhorou o desempenho econômico de frangos de corte, na fase de 1 a 42 dias.

No caso da farinha de resíduos da indústria de filetagem da tilápia-do-nilo, BOSCOLO et al. (2004) afirmaram que uma das características da composição química destes alimentos é o alto teor de cinzas, porém, apesar da alta quantidade de fósforo e cálcio ser um fator limitante na utilização deste tipo de resíduo, este alimento pode ser utilizado como fonte de minerais, sendo assim, fundamental a determinação do perfil nutricional destes ingredientes.

Além da possibilidade de uso da farinha de tilápia em rações para peixes, outras áreas, como a suinocultura, avicultura e linhas de rações para animais de estimação (cães e gatos), podem utilizar o produto com respostas satisfatórias. De acordo SHEURMANN & ROSA (2008), níveis de farinha de tilápia próximos a 2,0% em rações para codorna; 4,0 a 7,5% em rações para leitões e até 5,0% em rações para gatos já são utilizados industrialmente por empresas processadoras de rações.

De acordo com NUNES et al. (2005), considerando o teor poluente dos subprodutos de abatedouros, sua utilização nas rações tem papel importante na reciclagem de nutrientes e na preservação ambiental. Além disso, seu uso na formulação de dietas é facilitado porque esses alimentos contêm aminoácidos, energia, cálcio e fósforo em quantidades apreciáveis.

## 2.4. Referências bibliográficas

- ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; McNIVEN, M.A. Evaluation of protein quality of fish meal by chemical and biological assays. **Aquaculture**, v.115, p.305-325, 1993.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. ; et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; DEIDEN, A.; et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. A farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias. In: **Indústria da Tilápia**. Toledo-PR: GFM Gráfica e Editora. 2007, 88p.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.8-13, 2004.
- BRUM JR., B.S.; ZANELLA, I.; TOLEDO, G.S.P.; et al. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1423-1429, 2007.
- BÜNZEN, S; SALGUERO, L.F.T; ROSTAGNO, H.; et al. Recentes avanços na nutrição de suínos. IN: SIMPÓSIO BRASIL-SUL DE SUINOCULTURA, 2008, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. **Anais...UDESC**, Ago 2008, p.111-138.
- EL-SAYED, A.F.M. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 621-626, 2002.
- EYNG, C.; NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; et al. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2670-2675, 2010.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, LM.; VIDOTTI, R.M.; et al. Digestibilidade e parâmetros ruminais de rações contendo silagens de resíduo da filetagem de tilápia. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, n.4, p.437-445, 2006.
- JUNQUEIRA, O.M.; SILZ, L.Z.T.; ARAÚJO, L.F.; et al. Avaliação de níveis e fontes de proteína na alimentação de leitões na fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1622-1627, 2008.

- LOPES, E.L.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, L.F.; et al. Fontes e níveis de proteína em rações iniciais para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2292-2299, 2004 (Supl.3).
- MAIGUALEMA, M.A.; GERNAT, A.G. The effect of feeding elevated levels of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. **International Journal of Poultry Science**, v.2, n.3, p.195-199, 2003.
- NOVELLO, D.; OST, P.R.; NEUMANN, M.; et al. Avaliação zootécnica e qualidade da carcaça de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia branca. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1430-1435, 2007.
- NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; NUNES, C.G.V.; et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.
- PONCE, L.E.; GERNAT, A.G. The effect of using different levels of tilapia by-product meal in broiler diets. **Poultry Science**, v.81, p.1045-1049, 2002.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2011, 252p.
- SCHEUERMANN, G.N.; ROSA, P.S. **Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização, 2008**. Disponível em: <[www.agrosoft.org.br/agropag/100285.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/100285.htm)>. Acesso em: 12 fev. 2013.
- STONER, G.R.; ALLEE, G.L.; NELSSSEN, J.L.; et al. Effect of select menhaden fish meal in starter diets for pigs. *Journal of Animal Science*, v.68, p.2729-2735, 1990.
- TEIXEIRA, A.S. **Alimentos e alimentação dos animais**, Lavras:UFLA/FAEPE, 2001, 241p.
- VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal, 2006**. Disponível em: <[www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br)>. Acesso em: 18 fev. 2013.

### 3. FARINHA DE RESÍDUOS DE FILETAGEM DA TILÁPIA PARA SUÍNOS

**RESUMO:** Com o objetivo de realizar uma avaliação nutricional da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia (FRIFT) para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, foram realizados três experimentos: digestibilidade da energia, digestibilidade dos aminoácidos e desempenho zootécnico. No primeiro experimento, foi determinada a composição bromatológica e os valores de energia digestível e metabolizável da FRIFT, utilizando-se 8 suínos, com peso médio inicial de  $15,10\text{kg} \pm 0,74\text{kg}$ , os quais foram distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições por tratamento. A FRIFT substituiu em 20% a ração referência, à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos. O período experimental teve duração de 12 dias, dos quais sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais e cinco dias de coleta de urina e fezes. Os teores de gordura, Ca e P da FRIFT, correspondentes a 16,82; 6,98 e 3,52%; foram superiores aos encontrados na literatura. Os valores de energia digestível e metabolizável da FRIFT corresponderam a 3.632 e 3.260 kcal/kg, respectivamente, para suínos mestiços, machos castrados, dos 15 aos 30 kg. No segundo experimento, foram determinados os coeficientes de digestibilidade ileal dos aminoácidos da FRIFT, tendo sido utilizados 8 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,27$  kg, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de uma ração basal, cuja única fonte protéica era a FRIFT, e outra ração sem proteína, com a finalidade de determinar a excreção endógena de aminoácidos. A ração basal foi formulada à base de açúcar, amido, casca de arroz, óleo de soja, vitaminas, minerais e aditivos. Utilizou-se o óxido crômico como indicador na determinação dos coeficientes de digestibilidade. Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia, com base no tamanho metabólico, durante 6 dias. Os suínos foram então submetidos à coleta das digestas ileais, pelo método do sacrifício. Foram determinados os valores de matéria seca, proteína bruta, óxido crômico e aminoácidos das digestas, rações e dos alimentos. A perda endógena de aminoácidos foi variável, sendo que leucina e treonina apresentaram as maiores perdas, de 33 e 28 mg/kg de DIP consumida, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos da FRIFT, para arginina, lisina e metionina foram de 84,46; 76,60 e 82,43%, respectivamente, sendo semelhantes aos propostos na literatura contemporânea. No terceiro experimento, foi avaliado o desempenho zootécnico e econômico de suínos alimentados com rações contendo diferentes níveis de FRIFT. Foram utilizados 40 suínos, com peso inicial de  $15,00 \pm 0,87$  kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 tratamentos (0; 5; 10; 15 e 20% de FRIFT), 4 repetições e 2 animais por unidade experimental, distribuídos nos tratamentos com base no parentesco e peso inicial. Os animais foram alojados na creche demonstrativa experimental, dotada de baias metálicas suspensas, piso de polipropileno e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizada em prédio de alvenaria. As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, minerais, vitaminas, aminoácidos e aditivos. Níveis de 0 a 10% de inclusão de FRIFT nas rações não alteraram o peso final (PF) e o ganho de peso diário (GPD) dos suínos, pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ), sendo que a partir de 15% de inclusão de FRIFT já houve decréscimo no PF e GPD dos animais. As médias da variável conversão alimentar (CA) diferiram ( $P < 0,05$ ), pelo teste de Dunnett, apenas para o último nível de inclusão de FRIFT em relação à ração referência. Para este nível (20% de FRIFT), houve aumento no valor da CA e, portanto, piora no desempenho os suínos. Houve efeito linear decrescente dos níveis de inclusão de FRIFT sobre as variáveis PF ( $P = 0,01$ ), GPD ( $P = 0,01$ ) e efeito linear crescente sobre a CA ( $P = 0,01$ ). Não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) para o custo total da



ração (CTR) em nenhum dos níveis de inclusão de FRIFT, pelo teste de Dunnett, quando comparados com a ração referência. Ainda assim, as variáveis ganho proporcional de suínos (GPS) e índice bioeconômico (IBE) apresentaram os melhores resultados ( $P < 0,05$ ) apenas para a ração referência, sendo que a partir de 5% de inclusão de FRIFT já houve piora nos resultados. Já a relação ganho proporcional de suínos:custo da ração (GP:CR) apresentou piora ( $P < 0,05$ ) a partir de 10% de inclusão da FRIFT nas rações. Níveis de até 10% de inclusão da FRIFT, em rações para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30kg, em substituição ao farelo de soja, não prejudicaram o GPD e a CA dos animais. Entretanto, a inclusão de 5% de FRIFT influenciou negativamente as variáveis de desempenho econômico, tornando inviável a inclusão desse alimento em dietas para suínos na fase inicial.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos, farinha de peixe, nutrição de suínos.

## TILAPIA FILLETING WASTE MEAL FOR SWINES

**ABSTRACT:** In order to conduct a nutritional evaluation of meal from tilapia filleting industrial waste (FRIFT) for barrows from 15 to 30 kg, three experiments were accomplished: energy digestibility, amino acids digestibility and animal performance. In the first experiment, the chemical composition and digestible and metabolizable energy of FRIFT was determined, using eight crossbred barrows with average initial weight of  $15.10\text{kg} \pm 0.74\text{kg}$  were used, which were distributed individually in metabolism cages. The experimental design was completely randomized with two treatments and four replicates per treatment. The FRIFT replaced 20% the reference diet, based on corn, soybean meal, vitamins, minerals and amino acids. The experimental period lasted 12 days, of which seven to adapt to the cages and the experimental diets and five days for collection of urine and feces. The values of fat, Ca and P of FRIFT, corresponding to 16.82, 6.98 and 3.52%, were higher than those found in the literature. The values of digestible and metabolizable energy of FRIFT corresponded to 3,632 and 3,260 kcal/kg, respectively, for crossbred barrows from 15 to 30 kg. In the second experiment, the coefficients of ileal digestibility of amino acids of FRIFT were determined, having been used 8 crossbred barrows, with an average initial weight of  $15.00 \pm 0.27$  kg, in a completely randomized design with two treatments and four replications and the treatments consisted of a basal diet whose the only protein source was FRIFT, and other protein-free diet, in order to determine the excretion of endogenous amino acids. The basal diet was formulated with sugar, starch, rice hulls, soybean oil, vitamins, minerals and additives. The chromic oxide was used as an indicator in determining the digestibility coefficients. The animals were fed twice daily, based on metabolic size, during 6 days. The pigs were then submitted to the collection of ileal digesta, by the method of sacrifice. The dry matter, crude protein, amino acid and chromic oxide of digesta, rations and feeds were determined. The endogenous loss of amino acids was variable, as leucine and threonine showed the greatest losses, of 33 and 28 mg / kg DIP consumed, respectively. The coefficients of true ileal digestibility of amino acids of FRIFT for arginine, lysine and methionine were 84.46, 76.60 and 82.43%, respectively, similar to those proposed in contemporary literature. In the third experiment, the growth performance and economic were evaluated for barrows fed diets containing different levels of FRIFT. A total of 40 crossbred barrows with an initial weight of  $15.00 \pm 0.87$  kg were used in a randomized block design, with five treatments (0, 5, 10, 15 and 20% FRIFT), 4 replicates and 2 animals per experimental unit, distributed in treatments based on kinship and initial weight. The animals were housed in demonstrative experimental nursery endowed with elevated metal pens, polypropylene floor and screened sides, equipped with semi-automatic feeders and nipple drinkers, located in masonry building. The experimental diets were formulated based on corn, soybean meal, minerals, vitamins, amino acids and additives. Levels of 0 to 10% of FRIFT inclusion in the diets did not affect the final weight (FW) and average daily gain (ADG) of pigs by Dunnett test ( $P < 0.05$ ), but 15% of FRIFT inclusion resulted in decrease of FW and ADG. The average values of feed conversion (FC) were different ( $P < 0.05$ ) by Dunnett test only for the highest level of FRIFT inclusion in relation to the reference diet. For this level (20% FRIFT), there was increase in FC and therefore worsening in pigs performance. There was decreasing linear effect of levels of FRIFT on variables FW ( $P = 0.01$ ), ADG ( $P = 0.01$ ) and increased linear effect on FC ( $P = 0.01$ ). There was no difference ( $P > 0.05$ ) for the total cost of ration (TCR) in any level of inclusion of FRIFT by Dunnett test, compared with the reference diet. Even though, the proportional gain of pigs (PGP) and bioeconomic index (BI) had the best results ( $P < 0.05$ ) only for the reference diet, and 5% of FRIFT has worsened in results. The ratio proportional gain of pigs: feed cost (PGP:FC) worsened ( $P < 0.05$ ) with 10% of FRIFT inclusion in the diets. Levels up to 10% of

FRIFT inclusion in diets for barrows from 15 to 30kg, replacing soybean meal, did not harm the ADG and FC of the animals. However, the inclusion of 5% FRIFT impaired the economic performance, making it impracticable to include this food in diets for starting pigs.

**Keywords:** Alternative feed, fish meal, swine nutrition.

### 3.1. Introdução

Na suinocultura, os custos com alimentação correspondem a até 70% do custo total de produção, o que tem motivado uma constante busca por fontes de ingredientes alternativos, de qualidade e de menor custo, que atendam às exigências nutricionais dos animais nas suas diferentes fases de produção. As atividades relacionadas à suinocultura ocupam lugar de destaque na matriz produtiva do agronegócio brasileiro, destacando-a como uma atividade de importância no âmbito econômico e social. Segundo estimativas, mais de 730 mil pessoas dependem diretamente da suinocultura, sendo essa atividade responsável pela renda de mais de 2,7 milhões de pessoas. Em termos econômicos, a suinocultura não contribui apenas através de sua dinâmica econômica interna, mas também através da geração de divisas via mercado externo (SCHEUERMANN e ROSA, 2008).

A importância econômica da produção de carne suína e a pressão da sociedade para que se reduza a quantidade de dejetos eliminados no ambiente, obriga os nutricionistas e produtores a buscar em novas tecnologias que melhorem a eficiência na utilização de nutrientes pelos animais (BÜNZEN et al., 2008).

Nos últimos anos, a suinocultura, no Brasil, tem ganhado ainda mais importância, principalmente no mercado internacional, por algumas vantagens comparativas que tornam a atividade competitiva no cenário externo. Com um sistema produtivo baseado na integração vertical, demanda pelas agroindústrias, e com disponibilidade de insumos básicos para a produção, principalmente de grãos essenciais como soja e milho, e investimentos em tecnologia, a produção de suínos no Brasil apresenta custos inferiores aos principais competidores mundiais. O custo de produção brasileiro é de US\$ 0,63 por kg, enquanto que nos Estados Unidos, França e Espanha o custo sobe para US\$ 0,99; 1,27; 1,18; respectivamente (JUNQUEIRA et al., 2008).

Nesse contexto, a utilização de subprodutos de origem animal na elaboração das dietas consiste numa estratégia para garantir rações balanceadas, proporcionando a sustentabilidade do setor (GERON et al., 2006).

O avanço da nutrição exige cada vez mais dos nutricionistas a busca por alimentos com alta digestibilidade e que sejam economicamente viáveis. A avaliação de alimentos alternativos e seu uso na alimentação animal possibilitam a redução dos custos de produção e têm reflexos diretos na viabilidade do sistema produtivo avícola (BRUM JR. et al., 2007).

Segundo Scheuermann & Rosa (2008), as farinhas de origem animal são uma opção sustentável de utilização em rações para animais monogástricos. Entretanto, alguns

subprodutos têm sua utilização limitada por falta de padronização e regulamentação como, por exemplo, a farinha de resíduos da indústria de filetagem da tilápia, composta por cabeça, carcaça e vísceras, com enorme potencial de utilização na alimentação animal (GERON et al., 2006).

A indústria processadora de peixes gera grande quantidade de resíduos, que, quando não são devidamente processados para uso na nutrição humana ou animal, geralmente são depositados no meio ambiente, gerando problemas como poluição. Este fato, aliado à escassez da farinha de peixe oriunda da pesca extrativa, tem motivado os pesquisadores à realização de diversos trabalhos objetivando substituir a farinha de peixe de boa qualidade por alimentos protéicos alternativos (RICHTER et al., 2003).

Como esses ingredientes são subprodutos, possuem diferenças nos parâmetros de composição química e energética devido à constituição física da matéria prima e aos processamentos diferenciados para obtenção das farinhas e essas discrepâncias podem proporcionar heterogeneidade nos resultados de desempenho zootécnico (EYNG et al., 2010).

A qualidade do alimento e as viabilidades econômicas são fundamentais na utilização de subprodutos da industrialização de pescados para a alimentação animal. Os resíduos da filetagem da tilápia-do-nylo, que, representam em torno de 65% da matéria-prima total, são descartados atualmente em duas das três indústrias de filetagem de tilápias-do-nylo ativas na região oeste do Paraná (BOSCOLO et al.; 2001).

Dessa forma, o conhecimento do valor nutritivo desses ingredientes alternativos é fundamental para posterior determinação dos níveis de inclusão nas rações, possibilitando aos animais expressarem todo seu potencial genético.

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma avaliação nutricional da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.

### **3.2. Material e métodos**

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, situada no *Campus* de Marechal Cândido Rondon-PR.

#### **3.2.1 Experimento I - Composição bromatológica e valores energéticos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg**

Foram utilizados 08 suínos, machos castrados, mestiços, com peso médio inicial de  $15,10\text{kg} \pm 0,74\text{kg}$ , os quais foram distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por (PEKAS, 1968).

A média de temperaturas mínima e máxima registradas foram de  $22,47^{\circ}\text{C} \pm 3,23$  e  $30,13^{\circ}\text{C} \pm 2,55$ , respectivamente, e a média de umidade relativa mínima e máxima variou entre  $44,00\% \pm 11,98$  e  $74,72\% \pm 12,89$ .

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições por tratamento. O período experimental teve duração de 12 dias, dos quais sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais e cinco dias de coleta total de urina e fezes.

Os animais receberam ração umedecida, em quantidade pré-estabelecida individualmente de acordo com o peso metabólico de cada animal ( $\text{kg}^{0,75}$ ), em duas porções, às 07:00 e às 19:00 horas. A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

Foi avaliada a farinha de resíduos industriais da filetagem da tilápia (FRIFT), que substituiu em 20% a ração referência (Tabela 1) à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos, formulada para atender às exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO et al. (2011).

O balanço eletrolítico da dieta (BED) foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos contidos nas rações, conforme proposto por MONGIN (1981).

**Tabela 1.** Composição química e energética da ração-referência (RR) para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg (matéria natural).

| Ingredientes                         | RR (%) |
|--------------------------------------|--------|
| Milho grão                           | 72,66  |
| Farelo de soja                       | 23,22  |
| Óleo vegetal                         | 0,500  |
| Fosfato bicálcico                    | 1,450  |
| Calcário                             | 0,796  |
| Sal comum                            | 0,240  |
| Mistura vitamínica <sup>1</sup>      | 0,100  |
| Mistura mineral <sup>2</sup>         | 0,050  |
| Promotor de crescimento <sup>3</sup> | 0,020  |
| Antioxidante <sup>4</sup>            | 0,010  |
| Bicarbonato de sódio                 | 0,320  |
| L-Lisina HCl                         | 0,404  |
| DL-Metionina                         | 0,103  |
| L-Treonina                           | 0,108  |
| L-Triptofano                         | 0,019  |
| Total                                | 100,00 |
| <b>Composição calculada</b>          |        |
| Matéria Seca (%)                     | 89,30  |
| EM (kcal/kg)                         | 3.230  |
| Proteína Bruta (%)                   | 18,13  |
| Cálcio (%)                           | 0,733  |
| Fósforo Disponível (%)               | 0,363  |
| Sódio (%)                            | 0,200  |
| Potássio (%)                         | 0,636  |
| Cloro (%)                            | 0,198  |
| Lisina digestível (%)                | 1,037  |
| Met+Cis digestível (%)               | 0,583  |
| Metionina digestível (%)             | 0,334  |
| Treonina digestível (%)              | 0,653  |
| Triptofano digestível (%)            | 0,188  |
| Arginina digestível (%)              | 0,988  |
| Valina digestível (%)                | 0,688  |
| BED (mEq/kg) <sup>5</sup>            | 193,76 |

<sup>1</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>- 2,0 g; vit B<sub>2</sub> – 5,0 g; vit. B<sub>6</sub> – 3,0 g; vit B<sub>12</sub> – 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K<sub>3</sub>, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g.

<sup>3</sup> Fosfato de tilosina.

<sup>4</sup> Butil-hidroxitolueno (BHT).

<sup>5</sup> Balanço eletrolítico da dieta.

Para a coleta de fezes, a metodologia utilizada foi a de coleta total, utilizando óxido férrico (Fe<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) na ração como marcador fecal, a fim de determinar o início e final do período

de coleta de fezes. As fezes foram coletadas e pesadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C).

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes de plástico contendo 10 mL de HCL 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação bacteriana. Após nova filtragem, a quantidade diária de 200 mL de urina foi acondicionada em recipientes de vidro, um para cada animal, que foram armazenados em geladeira (3°C), para posteriores análises de nitrogênio e energia.

As análises químicas da FRIFT, das rações experimentais, fezes e urinas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002), sendo elas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM).

O cálcio (Ca) e o fósforo (P) foram determinados por meio de espectrofotometria de absorção atômica, e a energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica, ambos no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá, também de acordo com as técnicas descritas por (SILVA e QUEIROZ, 2002).

A composição energética da FRIFT, bem como seus valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), coeficientes de digestibilidade da energia bruta (CDEB) e de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), foram determinadas pelas equações propostas por MATTERSON et al. (1965).

### **3.2.2 Experimento II - Digestibilidade ileal de aminoácidos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg**

Foram utilizados 8 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de aproximadamente 15,00±0,27 kg. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por PEKAS (1968), podendo ser ajustadas com dimensões mínimas de 89 x 21 x 44 cm e dimensões máximas de 135 x 42 x 78 cm, providas, de comedouros e bebedouros na sua porção frontal, normalmente com livre acesso à água, podendo esta porção ser removida para higienização.

Foi adotado um período de adaptação de cinco dias, às gaiolas e às rações experimentais, e no sexto dia foram realizadas as coletas das digestas no íleo terminal, adaptado da técnica descrita por (APOLÔNIO et al., 2002).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, sendo que os tratamentos foram constituídos da ração basal,



cuja única fonte protéica e aminoacídica era a FRIFT, e outra ração sem proteína, denominada dieta isenta de proteína (DIP), com a finalidade de determinar a excreção endógena de aminoácidos, para que fosse possível calcular a digestibilidade ileal dos aminoácidos.

A DIP foi formulada para conter o mesmo nível de fibra em detergente neutro (FDN) da ração basal. Para tanto, foi utilizada a casca de arroz como fonte de FDN. A casca de arroz usada como fonte de fibra foi separada dos grãos de arroz quebrados, dos remanescentes ainda dentro da casca e das impurezas contidas na palha, por meio de ventilador. A proteína bruta remanescente foi considerada como sendo lignificada.

A composição aminoacídica da FRIFT e da casca de arroz utilizadas nas rações experimentais encontram-se descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição aminoacídica da FRIFT e da casca de arroz, em porcentagem da matéria seca.

| Aminoácidos essenciais <sup>1</sup> (%) | FRIFT | Casca de arroz |
|---|-------|----------------|
| Arginina                                | 3,448 | 0,057          |
| Histidina                               | 0,885 | 0,034          |
| Isoleucina                              | 1,896 | 0,045          |
| Leucina                                 | 3,385 | 0,114          |
| Lisina                                  | 2,719 | 0,079          |
| Metionina                               | 0,969 | 0,023          |
| Metionina + Cistina                     | 1,781 | 0,034          |
| Fenilalanina                            | 1,969 | 0,068          |
| Treonina                                | 2,114 | 0,068          |
| Valina                                  | 2,489 | 0,102          |
| Não-essenciais <sup>1</sup> (%)         |       |                |
| Alanina                                 | 3,687 | 0,102          |
| Ácido Aspártico                         | 4,135 | 0,136          |
| Ácido Glutâmico                         | 6,250 | 0,193          |
| Cistina                                 | 0,823 | 0,023          |
| Glicina                                 | 6,010 | 0,079          |
| Prolina                                 | 4,208 | 0,193          |
| Serina                                  | 2,760 | 0,068          |
| Proteína bruta <sup>1</sup> (%)         | 53,46 | 1,42           |

<sup>1</sup> Análises realizadas na Evonik Industries AG fedd additives Ltda.

A ração basal foi formulada à base de açúcar, amido, casca de arroz, óleo de soja, vitaminas, minerais e aditivos, para atender em, no mínimo, às exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO et al. (2011), para suínos na fase de 15 a 30 kg de peso vivo. A única fonte de proteína e aminoácidos inclusa nessa ração foi o alimento teste farinha de

resíduo de indústria de filetagem de tilápia obtida de uma indústria no Oeste do Paraná, a fim de determinar a digestibilidade ileal dos seus aminoácidos.

As composições das rações basal e DIP estão descritas na Tabela 3. As rações experimentais continham 0,50% de óxido crômico ( $Cr_2O_3$ ), utilizado como indicador na determinação dos coeficientes de digestibilidade.

**Tabela 3.** Composição centesimal da ração basal (BASAL) e da dieta isenta de proteína (DIP), para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg

| Ingredientes                         | BASAL (%) | DIP (%) |
|--------------------------------------|-----------|---------|
| FRIFT <sup>1</sup>                   | 33,80     | -       |
| Açúcar                               | 38,00     | 21,00   |
| Amido                                | 20,00     | 70,03   |
| Casca de arroz                       | 5,06      | 5,07    |
| Óleo de soja                         | 2,11      | 0,00    |
| Fosfato bicálcico                    | 0,000     | 1,924   |
| Calcário                             | 0,000     | 0,687   |
| Sal comum                            | 0,000     | 0,319   |
| Mistura vitamínica <sup>2</sup>      | 0,100     | 0,100   |
| Mistura mineral <sup>3</sup>         | 0,050     | 0,050   |
| Promotor de crescimento <sup>4</sup> | 0,020     | 0,020   |
| Antioxidante <sup>5</sup>            | 0,010     | 0,010   |
| Bicarbonato de sódio                 | 0,350     | 0,290   |
| Óxido crômico                        | 0,500     | 0,500   |
| Total                                | 100,00    | 100,00  |
| Composição calculada                 |           |         |
| Matéria Seca (%)                     | 92,66     | 90,73   |
| FDN (%)                              | 4,227     | 4,237   |
| FDA (%)                              | 2,723     | 2,728   |
| EM (kcal/kg)                         | 3.230     | 3.230   |
| Proteína Bruta (%)                   | 18,13     | -       |
| Cálcio (%)                           | 2,610     | 0,733   |
| Fósforo Disponível (%)               | 1,302     | 0,363   |
| Sódio (%)                            | 0,219     | 0,205   |
| Cloro (%)                            | 0,304     | 0,190   |
| Potássio (%)                         | 0,166     | -       |
| Lisina digestível (%)                | 0,919     | -       |
| Treonina digestível (%)              | 0,714     | -       |
| Met + Cis digestível (%)             | 0,602     | -       |
| Metionina digestível (%)             | 0,328     | -       |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos industriais da filetagem de tilápia.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>- 2,0 g; vit B<sub>2</sub> – 5,0 g; vit. B<sub>6</sub> – 3,0 g; vit B<sub>12</sub> – 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K<sub>3</sub>, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g.

<sup>3</sup> Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g.

<sup>4</sup> Fosfato de tilosina.

<sup>5</sup> Butil-hidroxitolueno (BHT).

As rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia, às 7h:00 e às 19h:00, em quantidades calculadas com base no tamanho metabólico ( $K^{0,75}$ ), e os animais receberam água à vontade após terem consumido toda a ração.

Foi realizado um protocolo experimental para determinar o momento ideal para a coleta da digesta, no qual parte da dieta fornecida era encontrada ainda no estômago e parte no intestino grosso. Determinou-se um jejum prévio de 24 horas e o tempo para coleta de três horas após a ingestão da dieta experimental.

Os animais foram abatidos por atordoamento na nuca, seguido de perfuração do coração e rápida sangria. Logo em seguida, foi realizada a abertura da cavidade abdominal por incisão ventral. A passagem da digesta entre a válvula íleocecal e o fim da prega íleocecal foi obstruída com o auxílio de pinças intestinais. Um segmento de aproximadamente 20 cm foi, então, retirado, lavado com água destilada e enxugado com pano limpo, para extração da digesta. As digestas de quatro animais de cada tipo de ração foram reunidas para compor um “pool” de amostra, possibilitando, assim, o volume de amostra suficiente para realizar as análises laboratoriais. As rações e uma parte das amostras das digestas foram utilizadas para realizar análises dos teores de matéria seca, proteína bruta e óxido crômico, estas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste, de acordo com as metodologias descritas por (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Outra parte das amostras das digestas foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados e mantidas em um freezer a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo posteriormente homogeneizadas e liofilizadas. As análises dos aminoácidos nos alimentos (FRIFT e casca de arroz), rações e digestas foram realizadas por cromatografia líquida de alta performance, nos laboratórios da Evonik Industries AG feed additives, na Alemanha.

Foram determinadas a digestibilidade ileal aparente e verdadeira dos aminoácidos da ração basal, que foram calculadas com base nos níveis de cromo (Cr), nas rações e digestas, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), seguindo as seguintes fórmulas:

$$1 - \text{Fator de indigestibilidade (FI}_1) = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ digesta}}$$

2 - Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos ( $\text{CD}_{\text{apAA}}$ )

(Fórmula descrita por ROSTAGNO & FEATHERSON, 1977)

$$\text{CD}_{\text{apAA}} = \frac{(\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g } E_1 \times \text{FI}_1)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que:

$E_1$  = Digesta ileal dos animais que receberam a dieta basal

3 - Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos ( $CD_{vAA}$ )

(Fórmula descrita por ROSTAGNO & FEATHERSON, 1977)

$$CD_{vAA} = \frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g } E_1 \times FI_1 - \text{mg AA/g } E_2 \times FI_2)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que:

$E_2$  = Digesta ileal dos animais que receberam a dieta isenta de proteína.

$FI_2$  = Fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína.

### **3.2.3 Experimento III - Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, alimentados com diferentes níveis de farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia**

A média de temperaturas mínima e máxima registradas foram de  $22,47^{\circ}\text{C} \pm 3,23$  e  $30,13^{\circ}\text{C} \pm 2,55$ , respectivamente, e a média de umidade relativa mínima e máxima variou entre  $44,00\% \pm 11,98$  e  $74,72\% \pm 12,89$ .

Foram utilizados 40 suínos, mestiços, machos castrados, com peso vivo inicial de  $15,00 \pm 0,87$  kg, distribuídos em um delineamento experimental com 02 blocos casualizados, com 4 tratamentos e uma ração testemunha (5; 10; 15 e 20% de Farinha do Resíduo da Filetagem da Tilapia, FRIFT), 4 repetições e 2 animais por unidade experimental, distribuídos nos tratamentos com base no parentesco e peso inicial.

Os animais foram alojados na creche demonstrativa experimental, dotada de baias metálicas suspensas, piso de polipropileno e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizada em galpão de alvenaria.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, minerais, vitaminas, aminoácidos e aditivos (Tabela 4), para garantir, no mínimo, as recomendações de Rostagno et al. (2011), para suínos dos 15 aos 30 kg de peso vivo. Os valores de energia metabolizável, energia digestível e aminoácidos digestíveis ileais estandarizados foram determinados em experimentos anteriores. De posse dos valores de aminoácidos digestíveis, foi realizada a correção dos aminoácidos essenciais, onde se utilizou aminoácidos industriais, em substituição ao inerte.

O balanço eletrolítico da dieta (BED) foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos contidos nas rações, conforme proposto por Mongin (1981), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{BED} = (\text{Na}/23,00 + \text{K}/39,10 - \text{Cl}/35,45) \times 10$$

onde:

Na = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

K = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

Cl = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

**Tabela 4.** Composição química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT<sup>1</sup> para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.

| Ingredientes (%)                     | Níveis de inclusão de FRIFT (%) |               |               |               |               |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                      | 0                               | 5             | 10            | 15            | 20            |
| Milho                                | 68,86                           | 71,99         | 72,97         | 73,12         | 73,52         |
| Farelo de soja                       | 26,51                           | 19,61         | 13,01         | 6,80          | 0,54          |
| FRIFT                                | 0,00                            | 5,00          | 10,00         | 15,00         | 20,00         |
| Óleo de soja                         | 0,735                           | 0,077         | 0,130         | 0,270         | 0,588         |
| Fosfato monocálcico                  | 1,434                           | 0,602         | 0,000         | 0,000         | 0,000         |
| Calcário                             | 1,043                           | 0,607         | 0,045         | 0,000         | 0,000         |
| Bicarbonato de sódio                 | 0,520                           | 0,803         | 1,081         | 1,341         | 1,605         |
| Antioxidante <sup>2</sup>            | 0,010                           | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| Sal comum                            | 0,103                           | 0,009         | 0,000         | 0,000         | 0,000         |
| Mistura mineral <sup>3</sup>         | 0,050                           | 0,050         | 0,050         | 0,050         | 0,050         |
| Mistura vitamínica <sup>4</sup>      | 0,100                           | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| L-Lisina HCl                         | 0,385                           | 0,471         | 0,551         | 0,620         | 0,691         |
| DL-Metionina                         | 0,105                           | 0,121         | 0,139         | 0,155         | 0,172         |
| L-Treonina                           | 0,102                           | 0,131         | 0,160         | 0,185         | 0,212         |
| L-Triptofano                         | 0,012                           | 0,032         | 0,052         | 0,070         | 0,088         |
| L-Valina                             | 0,014                           | 0,049         | 0,084         | 0,113         | 0,144         |
| L-Isoleucina                         | 0,000                           | 0,000         | 0,097         | 0,086         | 0,132         |
| Inerte <sup>5</sup>                  | 0,000                           | 0,319         | 1,501         | 2,060         | 2,128         |
| Promotor de crescimento <sup>6</sup> | 0,020                           | 0,020         | 0,020         | 0,020         | 0,020         |
| <b>Total</b>                         | <b>100,00</b>                   | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Composição calculada</b>          |                                 |               |               |               |               |
| Matéria Seca (%)                     | 89,29                           | 89,37         | 89,62         | 90,03         | 90,43         |
| Energia metabolizável (kcal/kg)      | 3.230                           | 3.230         | 3.230         | 3.230         | 3.230         |
| Proteína bruta (%)                   | 19,24                           | 19,24         | 19,24         | 19,24         | 19,24         |
| Cálcio                               | 0,768                           | 0,768         | 0,768         | 1,085         | 1,419         |
| Fósforo disponível (%)               | 0,380                           | 0,380         | 0,424         | 0,587         | 0,749         |
| Sódio (%)                            | 0,200                           | 0,257         | 0,346         | 0,434         | 0,522         |
| Potássio (%)                         | 0,686                           | 0,593         | 0,500         | 0,412         | 0,322         |
| Cloro (%)                            | 0,190                           | 0,194         | 0,246         | 0,302         | 0,357         |
| Lisina digestível (%)                | 1,093                           | 1,093         | 1,093         | 1,093         | 1,093         |
| Met+Cis digestível (%)               | 0,612                           | 0,612         | 0,612         | 0,612         | 0,612         |
| Metionina digestível (%)             | 0,349                           | 0,371         | 0,393         | 0,414         | 0,436         |
| Treonina digestível (%)              | 0,689                           | 0,689         | 0,689         | 0,689         | 0,689         |
| Triptofano digestível (%)            | 0,197                           | 0,197         | 0,197         | 0,197         | 0,197         |
| Arginina digestível (%)              | 1,080                           | 1,016         | 0,954         | 0,902         | 0,848         |
| Valina digestível (%)                | 0,754                           | 0,754         | 0,754         | 0,754         | 0,754         |
| Leucina digestível (%)               | 1,438                           | 1,378         | 1,310         | 1,247         | 1,181         |
| Isoleucina digestível (%)            | 0,662                           | 0,612         | 0,656         | 0,601         | 0,601         |
| <b>BED (mEq/kg)<sup>7</sup></b>      | <b>208,81</b>                   | <b>208,68</b> | <b>208,92</b> | <b>208,88</b> | <b>208,60</b> |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos industriais da filetagem de tilápia.

<sup>2</sup> BHT.

<sup>3</sup> Conteúdo/kg: ferro 100g; cobre 10g; cobalto 1g; manganês 40g; zinco 100g; iodo 1,5g; veículo q.s.p. p/ 1000g.

<sup>4</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>- 2,0 g; vit B<sub>2</sub> - 5,0 g; vit. B<sub>6</sub> - 3,0 g; vit B<sub>12</sub> - 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K<sub>3</sub>, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g.

<sup>5</sup> Areia fina lavada. <sup>6</sup> Fosfato de tilosina. <sup>7</sup> Balanço eletrolítico da dieta.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, para determinação do peso inicial (PI), peso final (PF) e do ganho de peso diário (GPD). As rações foram pesadas sempre que fornecidas aos animais, para determinação do consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA).

A análise econômica foi calculada com base no preço de cada ingredientes utilizado nas rações, bem como no preço do suíno vivo. A partir da obtenção dos valores, foram calculados o custo total da ração (CTR), o ganho proporcional de suínos (GPS), a relação ganho proporcional: custo da ração (GP:CR) e o índice bioeconômico (IBE), ambos para cada unidade experimental.

O CTR foi obtido por meio da multiplicação entre o consumo total de ração e o custo por quilograma da ração. O GPS foi obtido pela multiplicação entre o ganho de peso proporcional aos dias de experimento e o preço por quilograma do suíno vivo. A relação GP:CR foi obtida a partir da razão entre os valores de GPS e CTR. O IBE foi calculado de acordo com a seguinte fórmula, de Teixeira (2001):

$$IBE = GP - ( PR / PAV ) \times CR$$

onde:

GP: ganho de peso médio no período (kg)

PR: preço da ração (R\$/kg)

PAV: preço do animal vivo (R\$/kg)

CR: consumo de ração no período (kg)

O modelo estatístico utilizado para as análises das variáveis de desempenho zootécnico foi o seguinte:

$$Y_{ij} = B_0 + BL_j + B_1T_i + B_2T_i^2 + FA + E_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$  = variáveis de desempenho e análise econômica, referentes ao nível de FRIFT  $i$  no bloco  $j$ .

$B_0$  = constante geral.

$BL_j$  = efeito do bloco  $j$ , sendo  $j = 1, 2$ .

$B_1$  = coeficiente de regressão linear em função dos níveis de FRIFT.

$T_i$  = níveis de FRIFT (5; 10; 15 e 20%).

$B_2$  = coeficiente de regressão quadrática em função dos níveis de FRIFT.

FA = falta de ajustamento.

$E_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000). Como procedimento estatístico, os dados de desempenho zootécnico foram submetidos à análise de variância. As médias das variáveis de desempenho e de análise econômica, referentes aos diferentes níveis de inclusão da FRIFT, foram submetidas à comparação com a ração testemunha, por meio do teste de Dunnett (5%). Posteriormente, os graus de liberdade referentes aos níveis de FRIFT foram desdobrados em polinômios, para a realização da regressão polinomial.



### 3.3. Resultados e discussão

#### 3.3.1 Experimento I - Composição bromatológica e valores energéticos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg

A composição bromatológica e energética da farinha de resíduo industrial de filetagem da tilápia está apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5.** Composição bromatológica e energética da FRIFT<sup>1</sup>, expressas na matéria natural.

| Variáveis <sup>2</sup>  | Valores |
|-------------------------|---------|
| Matéria seca (%)        | 95,28   |
| Energia bruta (kcal/kg) | 4.658   |
| Proteína bruta (%)      | 53,46   |
| Extrato etéreo (%)      | 16,82   |
| Matéria mineral (%)     | 23,42   |
| Cálcio (%)              | 6,98    |
| Fósforo (%)             | 3,52    |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos industriais da filetagem de tilápia.

<sup>2</sup>Valores médios obtidos por meio de análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste.

Os valores de matéria seca (95,28%), energia bruta (4.658kcal/kg) e matéria mineral (23,42%) foram próximos aos encontrados por EYNG et al. (2010), os quais corresponderam a 93,74%; 4.778kcal/kg e 23,64% respectivamente, para uma FRIFT, da mesma origem que a avaliada no presente estudo.

ROSTAGNO et al. (2011) propõem um valor de MM correspondente a 22,74%, inferior ao obtido no presente trabalho. O valor de MM obtido pode ter sido superior aos propostos por outros autores devido ao fato da FRIFT ser fabricada por meio da industrialização da carcaça completa, após a filetagem (incluindo espinhos, cabeça, vísceras e sangue), que consistem em fontes potenciais de minerais ao ingrediente final.

Para farinha industrial de peixes com 54% de PB, ROSTAGNO et al. (2011), encontraram 92,06% de MS, 4065 kcal/kg de EB e 54,58% de PB, muito semelhantes aos encontrados no presente trabalho para FRIFT.

Segundo GERON et al. (2006), o excesso de minerais presente na farinha de peixe resultante dos resíduos das fábricas de conservas apresenta baixo teor protéico. Entretanto, isso não foi observado no presente trabalho, haja vista que o nível protéico bruto da FRIFT foi de 53,46%; superior ao encontrado por EYNG et al. (2010) de 45,23%.

GERON et al. (2006) encontraram, para o resíduo de tilápia, 68,6% de umidade, 42,9% de proteína bruta, 34,6% de extrato etéreo e 16,3% de matéria mineral (% na matéria seca), valores inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Os valores de Ca e P encontrados neste trabalho foram de 6,98 e 3,52%, e estão próximos aos encontrados por EYNG et al. (2010), de 7,71 e 3,83; respectivamente, para FRIFT de mesma procedência, porém foram superiores aos propostos por ROSTAGNO et al. (2011), correspondentes a 5,88 e 2,89%; respectivamente, avaliando farinha industrial de peixes com 54% de PB.

No caso da farinha de resíduos da indústria de filetagem da tilápia do Nilo, BOSCOLO et al. (2004) afirmam que uma das características da composição química destes alimentos é o alto teor cálcio e fósforo, porém, apesar da alta quantidade de cinzas ser um fator limitante na utilização deste tipo de resíduo, este alimento pode ser utilizado como fonte de minerais, sendo assim, fundamental a determinação do perfil nutricional destes ingredientes.

O teor de gordura obtido para a FRIFT foi de 16,82%, esse valor foi superior ao encontrado na literatura, uma vez que BOSCOLO et al. (2004), analisando a mesma farinha e ROSTAGNO et al. (2011), analisando farinha industrial de peixes com 54% de PB, observaram valores de 10,35 e 7,46%, respectivamente.

Entretanto, foi inferior ao obtido por EYNG et al. (2010) que encontraram 21,08% de gordura ao avaliar a mesma fonte de FRIFT, o que pode ter sido ocasionado pela variação na composição da matéria-prima desse subproduto, já que não há padronização na sua produção, podendo haver lotes em que houve maior ou menor inclusão de vísceras, as quais apresentam grandes quantidades de gordura visceral, ocasionando variação nos valores de gordura da FRIFT.

BOSCOLO et al. (2004), estudando a composição química da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo observaram diferença no teor de gordura apresentado pela farinha com relação à maioria das farinhas de peixes comerciais. Segundo o autor esta diferença se deve principalmente à sua constituição física, que é compreendida por uma grande parcela de vísceras, local este principal depósito de gordura das tilápias. A alta porcentagem de gordura poderia ser minimizada mediante uma prensagem mais drástica da matéria-prima durante o seu processamento, mas isso aumentaria o teor de minerais da farinha, podendo limitar sua inclusão em rações.

Os valores de energia bruta (EB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) encontram-se na Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores energéticos da FRIFT<sup>1</sup> e seus respectivos desvios-padrão, expressos na matéria natural, para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

| Variáveis <sup>2</sup> | Valores        |
|------------------------|----------------|
| EB (kcal/kg)           | 4.658 ± 123,89 |
| ED (kcal/kg)           | 3.632 ± 154,46 |
| EM (kcal/kg)           | 3.260 ± 142,37 |
| EM:ED                  | 89,76          |
| CDEB <sup>3</sup> (%)  | 77,98 ± 2,73   |
| CMEB <sup>4</sup> (%)  | 69,98 ± 4,15   |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos industriais da filetagem de tilápia.

<sup>2</sup> EB: energia bruta; ED: energia digestível; EM: energia metabolizável.

<sup>3</sup> CDEB: coeficiente de digestibilidade da energia bruta.

<sup>4</sup> CMEB: coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta.

Observou-se que os valores de EB, ED e EM, correspondentes a 4.658, 3.632 e 3.260 kcal/kg, foram superiores aos propostos por ROSTAGNO et al. (2011), equivalentes a 4065, 3.050 e 2.740 kcal/kg, respectivamente. Do mesmo modo, os valores de ED e EM propostos pelo NRC (1998) são superiores aos obtidos no presente estudo, correspondendo a 3.770 e 3.360 kcal/kg. Entretanto, no presente trabalho foi avaliada uma farinha exclusivamente de tilápia e não padronizada, enquanto que os autores citados avaliaram uma farinha composta por resíduos de diferentes espécies de peixes, ainda que padronizada (54% e 62,3% de PB, respectivamente).

No presente trabalho, os suínos aproveitaram cerca de 78% da EB da FRIFT como ED e cerca de 70% como EM. Além disso, a relação EM:ED foi de aproximadamente 90%. A determinação da relação EM:ED é importante para verificar o grau de perda de energia via urina, haja vista que altos teores de PB na dieta podem contribuir para uma maior excreção de nitrogênio na urina, aumentando a energia bruta da urina e reduzindo a relação EM:ED da dieta. NOBLET e PEREZ (1993) observaram que a relação EM:ED é reduzida em 2% para cada 1% de aumento na PB da dieta. Isto ocorre em função do aumento do catabolismo da proteína, que está em excesso. JUST (1982) encontrou aumento da excreção de energia na urina da ordem de 1,17 kcal/g de proteína catabolizada, ou 7,31 kcal/g N. Dessa forma, o nível de PB da dieta contribui para a variabilidade nos valores de EM dos alimentos, principalmente os alimentos protéicos, como é o caso da FRIFT.

Os valores energéticos dos alimentos alternativos, sobretudo os de origem animal, podem apresentar variações devido principalmente a diferentes matérias-primas utilizadas e a não padronização dos processamentos desses ingredientes (CACHERINI et al., 2005).

O perfil de ácidos graxos que compõem os ingredientes podem influenciar diretamente nos valores energéticos, uma vez que a absorção dos ácidos graxos é mais eficaz pelo

organismo animal. SOARES et al. (2005) analisando diferentes alimentos proteicos de origem animal, a farinha de carne e ossos possui uma maior quantidade de ácidos graxos saturados, enquanto que a farinha de peixes possui ácidos graxos insaturados. Tais fatores contribuem grandemente para os valores energéticos das farinhas animais.

De acordo com NUNES et al. (2005) o conteúdo de PB, EE e a composição dos ácidos graxos e minerais provavelmente são os fatores que mais contribuem para as variações nos valores energéticos dos alimentos. Em resumo, a PB e o EE apresentam efeito aditivo nos valores energéticos, enquanto a MM, Ca e P têm efeito diluente sobre a energia.

No entanto, segundo NASCIMENTO et al. (2005) além da composição química, o nível de substituição do alimento-teste pela ração-referência também é um fator que pode influenciar nos valores de energia metabolizável. Como metodologia consagrada, SAKOMURA & ROSTAGNO (2007) convencionaram a inclusão de, no máximo, 20% de alimentos-teste de origem animal, e de até 30% para alimentos de origem vegetal.

### **3.3.2 Experimento II - Digestibilidade ileal de aminoácidos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg**

Os valores do CDEB e CMEB encontrados no presente trabalho (77,98 e 69,98%) foram semelhantes aos obtidos por ROSTAGNO et al. (2011), correspondentes a 75,03 e 67,40%; respectivamente.

As variações encontradas para os coeficientes de metabolizabilidade podem ser atribuídas aos diferentes processamentos a que os alimentos são submetidos. A temperatura necessária para eliminação dos agentes patogênicos presentes nos resíduos geralmente é elevada. Essa alta temperatura proporciona reações entre os nutrientes, formando complexos ou provocando desnaturação protéica, tornando esses nutrientes indigestíveis e ocasionando redução no valor energético dos alimentos (BUTOLO, 2002).

A perda ileal endógena dos aminoácidos em função do consumo de uma dieta isenta de proteína (DIP), bem como os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) dos aminoácidos da FRIFT estão apresentadas na Tabela 8.

Observou-se que a excreção aminoacídica endógena não apresentou o mesmo perfil para todos os aminoácidos essenciais, de modo que a histidina e a metionina foram os aminoácidos cuja perda endógena foi menor, de 7 mg/kg de DIP consumida para ambas, enquanto a leucina e a treonina apresentaram a maior concentração de perda endógena, correspondente a 33 e 28 mg/kg de DIP consumida, respectivamente. Segundo POZZA et al

(2003) obteve resultado semelhante para treonina com 0,27 g/mg para concentração da perda endógena.

As perdas endógenas de aminoácidos observadas, em relação à literatura consultada são variáveis, sendo que a treonina apresentou uma perda endógena expressiva, o que pode estar relacionado ao aumento de glicoproteínas provenientes do muco intestinal, que são ricas nesse aminoácido (GRALA et al.,1998). Segundo FAN & SAUER (1995) a camada de mucina possui grandes quantidades desse aminoácido, com grande perda endógena. O abate pode estressar o animal aumentando a secreção de mucina.

**Tabela 8.** Valores médios de aminoácidos endógenos ileais (AEI), determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) e coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) dos aminoácidos da FRIFT<sup>1</sup>.

| Essenciais            | AEI<br>(mg/kg DIP consumida) | CDIA<br>(%) | CDIV<br>(%) |
|-----------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| Arginina              | 16                           | 83,02       | 84,46       |
| Histidina             | 7                            | 70,81       | 73,14       |
| Isoleucina            | 19                           | 74,73       | 77,74       |
| Leucina               | 33                           | 75,07       | 77,97       |
| Lisina                | 16                           | 74,84       | 76,60       |
| Metionina             | 7                            | 80,31       | 82,43       |
| Met.+ Cis.            | 14                           | 60,28       | 62,65       |
| Fenilalanina          | 19                           | 76,25       | 79,11       |
| Treonina              | 28                           | 63,52       | 67,50       |
| Valina                | 24                           | 71,84       | 74,69       |
| Média                 | -                            | 73,07       | 75,63       |
| <b>Não essenciais</b> |                              |             |             |
| Alanina               | 28                           | 74,94       | 77,18       |
| Ácido Aspártico       | 40                           | 49,69       | 52,53       |
| Ácido Glutâmico       | 49                           | 70,04       | 72,35       |
| Cistina               | 9                            | 44,72       | 48,19       |
| Glicina               | 73                           | 65,95       | 69,51       |
| Prolina               | 35                           | 67,92       | 70,42       |
| Serina                | 21                           | 68,18       | 70,54       |
| Média                 | -                            | 63,06       | 65,82       |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos da filetagem de tilápia.

Essas diferenças entre o conteúdo de aminoácidos ileais endógenos, segundo FAN et al. (1993), podem ser atribuídas, principalmente, às diferenças nas concentrações das várias secreções endógenas do trato digestivo.

As perdas endógenas basais representam a quantidade mínima de aminoácidos inevitavelmente perdida pelo animal. Estas perdas estão relacionadas ao fluxo físico de

matéria seca do alimento pela área digestiva ou do estado metabólico do animal, e neste caso, não é influenciada pela composição da dieta (JANSMAN et al., 2002).

Os aminoácidos endógenos provêm principalmente das secreções no trato gastrointestinal, da saliva, da bile e das secreções do estômago, pâncreas e intestino delgado e também da descamação das células superficiais do epitélio intestinal (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010). De acordo com SOUFFRANT (1991), os aminoácidos observados no quimo, quando se fornece uma dieta isenta de proteína (DIP), provêm de enzimas, mucinas, amidas, aminas, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo. Dessa forma, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas, que são ricas em prolina, glicina, ácido glutâmico, asparagina, serina, alanina, treonina e valina.

Os valores observados de CDIA dos aminoácidos da FRIFT, para arginina, lisina e metionina foram, respectivamente, iguais a 83,02%; 74,84% e 80,31%. Entretanto, KIM & EASTER (2001) observaram valores de CDIA menores para suínos em fase inicial, ao avaliarem uma farinha de peixes comercial. Os autores encontraram valores de CDIA dos aminoácidos, para arginina, lisina e metionina, respectivamente, de 59,4%; 67,0% e 71,5%. Nesse mesmo sentido, POZZA et al. (2005), ao avaliar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos da farinha de vísceras para suínos, apresentaram variação de 72,60 a 81,11% entre os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da metionina, estando próximos ao obtido no presente estudo, para o mesmo aminoácido.

Os valores obtidos de CDIV dos aminoácidos da FRIFT, para a arginina, lisina e metionina foram de 84,46%; 76,60% e 82,43%; respectivamente. Entretanto, CERVANTES-PAHM & STEIN (2010), ao avaliarem uma farinha de peixes comercial para suínos em fase inicial, obtiveram resultados mais elevados de CDIV para os mesmos aminoácidos, correspondendo a 94%; 87,4% e 89,3%; respectivamente.

O coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro é influenciado pelo superaquecimento de cocção resultando em uma redução na digestibilidade dos aminoácidos, tal como a lisina e a cistina sendo a cistina mais sensível a altas temperaturas. A redução na qualidade se deve à formação de cadeias dissulfídicas e conseqüentemente aumento no índice de passagem da proteína pelo trato gastrointestinal (EYNG et al., 2010). Embora a cistina não seja um aminoácido essencial, seus valores de CDIA e CDIV foram relativamente baixos se comparados aos demais aminoácidos não essenciais, correspondendo a 44,72 e 48,19%; respectivamente. Isso pode ter ocorrido devido ao superaquecimento da FRIFT quando foi processada, gerando os efeitos como citado acima.

Os valores de digestibilidade ileal de aminoácidos, em concentrados protéicos que sofreram danos térmicos durante o tratamento, como é o caso das farinhas de origem animal, muitas vezes são impróprios para formulação de dietas e resultam em utilização ineficiente dos aminoácidos, como a lisina, treonina, metionina e triptofano (BATTERHAM et al., 1993).

Segundo FURUYA et al. (2001), o tratamento térmico utilizado para a preparação da farinha de resíduos industriais de filetagem de peixes, pode levar à indisponibilidade de aminoácidos, principalmente a lisina, pelo superaquecimento tornando o aminoácido indisponível para o animal.

No presente estudo, os maiores valores de CDIV em relação aos CDIA (Tabela 8) são devido aos valores corrigidos da digestibilidade ileal aparente pela obtenção da perda endógena basal de proteína bruta e aminoácidos (JANSMAN et al., 2002). Devido aos valores de CDIA serem independentes da perda endógena ileal basal, sugere-se que os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos, baseados na digestibilidade ileal verdadeira, são mais aditivos se comparados aos valores baseados em digestibilidade ileal aparente.

O valor médio para CDIA foi de 73,07; enquanto o CDIV apresentou um valor médio de 75,63; ambos para todos os aminoácidos essenciais. Ainda assim, o menor e maior CDIV foi obtido para os aminoácidos essenciais met+cis e arginina, com 62,65% e 84,46%, respectivamente.

Observa-se que há uma notável diferença entre o conteúdo de aminoácidos digestíveis aparentes e verdadeiros em relação ao conteúdo de aminoácidos totais. Essa diferença deve ser considerada na formulação de dietas para suínos, uma vez que a literatura dispõe de valores de exigência em aminoácidos digestíveis (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2000).

Toda a ração baseada na digestibilidade verdadeira é mais precisa e eficiente, pois são levadas em consideração as perdas endógenas de aminoácidos.

A variabilidade nos dados de digestibilidade ileal é determinada por fatores inerentes aos alimentos, como a presença de inibidores de proteases, fitohemaglutininas, fibra, oligossacarídeos, enzimas, tanino, tamanho de partícula e processamento (BELLAVAR, 2003), e também pode estar relacionada à técnica utilizada para determinação das perdas endógenas, uma vez que as perdas endógenas ileais dos aminoácidos diferem entre as técnicas (HODGKINSON et al., 2003). Alguns fatores como o tipo e nível de fibra utilizados na dieta também podem influenciar a determinação das perdas endógenas (POZZA et al., 2003).

Os valores de aminoácidos totais (AAT), aminoácidos digestíveis ileais aparentes (ADIA) e verdadeiros (ADIV) da FRIFT estão apresentados na Tabela 9.

Os valores de ADIV obtidos para os aminoácidos essenciais estão semelhantes aos propostos por ROSTAGNO et al. (2011), para a farinha de peixe com 54% de PB. No presente trabalho, os aminoácidos lisina, metionina, met+cis, treonina e arginina, por exemplo, apresentaram valores de ADIV correspondentes a 2,083; 0,789; 1,116; 1,427 e 2,912%; respectivamente. Para esses mesmos aminoácidos, ROSTAGNO et al. (2011) obtiveram valores de ADIV iguais a 2,63; 1,00; 1,43; 1,56 e 2,81%, respectivamente.

O NRC (1998) propõe valores de ADIV para uma farinha de peixe com 32,7% de PB, sendo que os aminoácidos essenciais lisina, metionina, treonina e arginina tiveram valores de ADIV iguais a 1,644; 0,475; 0,817 e 1,578%, respectivamente, sendo a lisina, metionina e a treonina, inferiores aos obtidos nesse experimento. Entretanto, é necessário enfatizar que a FRIFT apresentou um valor de PB correspondente a 53,46%; valor este 63,49% superior ao da farinha avaliada pelo NRC (1998), o que pode sugerir de hipótese para explicar os resultados inferiores dos ADIV supracitados.

**Tabela 9.** Valores de aminoácidos digestíveis ileais aparentes (ADIA) e verdadeiros (ADIV) da FRIFT<sup>1</sup>.

| Essenciais            | AAT (%) | ADIA (%) | ADIV (%) |
|-----------------------|---------|----------|----------|
| Arginina              | 3,448   | 2,863    | 2,912    |
| Histidina             | 0,885   | 0,627    | 0,647    |
| Isoleucina            | 1,896   | 1,417    | 1,474    |
| Leucina               | 3,385   | 2,541    | 2,639    |
| Lisina                | 2,719   | 2,035    | 2,083    |
| Metionina             | 0,969   | 0,778    | 0,799    |
| Met.+ Cis.            | 1,782   | 1,074    | 1,116    |
| Fenilalanina          | 1,968   | 1,501    | 1,558    |
| Treonina              | 2,114   | 1,343    | 1,427    |
| Valina                | 2,489   | 1,788    | 1,859    |
| <b>Não essenciais</b> |         |          |          |
| Alanina               | 3,687   | 2,763    | 2,846    |
| Ácido Aspártico       | 4,135   | 2,055    | 2,172    |
| Ácido Glutâmico       | 6,251   | 4,378    | 4,522    |
| Cistina               | 0,823   | 0,368    | 0,397    |
| Glicina               | 6,011   | 3,964    | 4,178    |
| Prolina               | 4,208   | 2,858    | 2,964    |
| Serina                | 2,760   | 1,882    | 1,947    |

<sup>1</sup> Farinha de resíduos industriais da filetagem de tilápia.

Por meio dos valores obtidos de ADIV, ao calcular os valores de aminoácidos essenciais presentes na ração BASAL, em função da quantidade de FRIFT que foi inserida (33,80%), observou-se que não foram atendidas as exigências em aminoácidos dos suínos (machos,



castrados, dos 15 aos 30 kg). A FRIFT não conseguiu atender às exigências de quase todos os aminoácidos essenciais dos animais, conforme propostas por ROSTAGNO et al. (2011).

Desse modo, ao empregar a FRIFT na formulação de rações para suínos, deve-se atentar para os valores determinados de ADIV, sendo necessária a correção da perda endógena por meio da suplementação com aminoácidos sintéticos, caso os outros ingredientes empregados não supram essas necessidades. Nessas condições, os aminoácidos que requerem maior atenção são os quatro primeiros essenciais: lisina, treonina, met+cis e metionina, mas os outros aminoácidos essenciais também devem ser observados, pois o consumo de dietas com conteúdo de aminoácidos inferiores às necessidades metabólicas leva a alterações fisiológicas com efeitos que influenciam no consumo alimentar desses animais (BERTECHINI, 2006).

As diferenças entre os coeficientes de digestibilidade ileal encontrados na presente pesquisa podem ter ocorrido por diversos fatores, tais como a própria composição da FRIFT, diferenças no consumo de ração, temperatura ambiente, entre outros fatores que afetam a digestibilidade de aminoácidos (POZZA, 1999).

### 3.3.3 Experimento III - Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, alimentados com diferentes níveis de farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia

Na Tabela 10, estão apresentadas as médias para peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA), de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT.

**Tabela 10.** Desempenho de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT<sup>1</sup>.

| Variáveis <sup>2</sup> | Níveis de inclusão de FRIFT (%) |       |       |        |        | P<br>linear | P<br>quadrático | CV(%) |
|------------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------------|-----------------|-------|
|                        | 0                               | 5     | 10    | 15     | 20     |             |                 |       |
| PI (kg)                | 15,16                           | 15,19 | 15,14 | 15,27  | 15,20  | -           | -               | 0,79  |
| PF (kg) <sup>3</sup>   | 34,11                           | 31,88 | 30,65 | 29,96* | 28,38* | 0,01        | 0,08            | 7,77  |
| GPD (g)                | 666                             | 587   | 545   | 514*   | 462*   | 0,01        | 0,07            | 14,85 |
| CDR (kg) <sup>ns</sup> | 1,13                            | 0,99  | 0,99  | 0,94   | 0,88   | -           | -               | 11,83 |
| CA                     | 1,69                            | 1,70  | 1,83  | 1,83   | 1,91*  | 0,01        | 0,07            | 6,08  |

<sup>1</sup> FRIFT: farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia.

<sup>2</sup> PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho de peso diário, CDR: consumo diário de ração, CA: conversão alimentar.

<sup>3</sup> Média, na linha, seguida por \*, diferem ( $P < 0,05$ ) do tratamento controle pelo teste de Dunnett.

Observou-se que níveis de 0 a 10% de inclusão de FRIFT nas rações não alteraram o PF e o GPD dos suínos, pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ), sendo que a partir de 15% de inclusão de FRIFT já houve decréscimo no PF e GPD dos animais.

Lopes et al. (2004), ao comparar o desempenho de leitões, machos castrados, dos 6 aos 15 kg, alimentados com rações convencionais ou com 6% de inclusão de farinha de peixes, em substituição ao soro de leite em pó, observaram que a dieta que continha farinha de peixe proporcionou um GPD de 370g, contra 356g da dieta convencional.

Do mesmo modo, Kim e Easter (2001) observaram que uma ração cuja principal fonte proteica foi uma farinha de peixes com 59% de proteína bruta, com 11% de inclusão na formulação, proporcionou um GPD de 419g, significativamente superior ao GPD de suínos, machos castrados e fêmeas, que receberam uma ração cuja principal fonte proteica foi composta por soro de leite em pó, correspondendo a 403g de GPD.

Silva e Landell Filho (2003), ao avaliarem níveis de 0, 9 e 18% de inclusão de silagem de subprodutos de filetagem de peixes, em rações para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 20 aos 60kg, observam valores de GPD correspondentes a 0,67; 0,74 e 0,71kg; respectivamente.

O que pode explicar a queda linear nos valores de GPD do presente estudo, ao passo que aumentaram os níveis de inclusão de FRIFT nas dietas, é a possível perda de nutrientes ocorrida no alimento após seu processamento industrial. Segundo Furuya et al. (2001), o tratamento térmico utilizado para a preparação da farinha de resíduos industriais de filetagem de peixes pode levar à perda de aminoácidos, principalmente a lisina, devido à sua menor resistência pela reação de Maillard, tornando o aminoácido indisponível para o animal.

As médias da variável CA diferiram ( $P < 0,05$ ), pelo teste de Dunnett, apenas para o último nível de inclusão de FRIFT em relação à ração referência. Para este nível (20% de FRIFT), houve aumento no valor da CA e, portanto, piora no desempenho os suínos.

De modo semelhante Junqueira et al. (2008) obtiveram uma CA de 1,78 ao incluírem 5% de farinha de peixe em substituição ao farelo de soja, em rações para suínos, machos e fêmeas, dos 8 aos 20 kg. Os animais que receberam ração referência apresentaram uma CA de 1,66; o que permitiu aos autores concluir que a inclusão de farinha de peixe prejudicou significativamente a CA dos suínos, com 5% de inclusão.

Entretanto, Lopes et al. (2004) conforme trabalho supracitado, obtiveram uma CA de 1,81 para leitões, machos castrados, dos 6 aos 15 kg, alimentados com rações contendo 6% de inclusão de farinha de peixe, em substituição ao soro de leite em pó. Esse resultado foi

significativamente menor que a CA dos suínos alimentados com ração convencional, correspondente a 1,93.

Um fator que pode ter elevado a CA no presente trabalho é a significativa queda no GPD dos animais ( $P < 0,05$ ) associada à ligeira queda no CDR, considerando que a CA consiste na razão entre o CDR e o GPD. Embora o CDR não tenha sido significativo ( $P > 0,05$ ); foi numericamente menor ao longo dos tratamentos, o que denota uma queda na preferência pelas rações que continham maiores níveis de inclusão de FRIFT, sendo possível que o alto teor de gordura da FRIFT tenha gerado esse efeito.

De acordo com Rutz e Lima (1994), as farinhas de origem animal são ricas em gorduras e, conseqüentemente, tem maior facilidade de auto-oxidação, pelo início da formação de radicais livres. Os autores salientam que a oxidação é um processo autocatalítico e desenvolve-se em aceleração crescente. Fatores como temperatura, enzimas, luz e íons metálicos podem influenciar a formação de radicais livres, os quais, em contato com oxigênio molecular, formam peróxidos. Esses peróxidos, em reação com outras moléculas oxidáveis, irão induzir à formação de hidroperóxidos e outros radicais livres e assim sucessivamente, em progressão geométrica. As moléculas formadas, contendo o radical livre, ao se romperem, formam produtos de peso molecular mais baixo (aldeídos, cetonas, alcoóis e ésteres), os quais são voláteis e responsáveis pelo odor e sabor característicos da rancificação.

Sendo assim, uma hipótese possível é que tenha ocorrido oxidação de parte dessa gordura, o que pode ter gerado odor e sabor característicos de um alimento rancificado, causando certa rejeição pelos animais.

Houve efeito linear decrescente dos níveis de inclusão de FRIFT sobre as variáveis PF ( $P = 0,01$ ), GPD ( $P = 0,01$ ) e efeito linear crescente sobre a CA ( $P = 0,01$ ). Na análise de regressão polinomial (Tabela 11), é possível observar que a equação linear se ajustou aos dados das variáveis PF, GPD e CA.

**Tabela 11.** Equações de regressão para peso final (PF), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT<sup>1</sup>.

| Variáveis <sup>2</sup> | Método aplicado | Equação                          | R <sup>2</sup> |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|
| PF                     | Equação linear  | $\hat{Y} = 33,675 - 0,268X$      | 0,44           |
| GPD                    | Equação linear  | $\hat{Y} = 0,651282 - 0,009639X$ | 0,46           |
| CA                     | Equação linear  | $\hat{Y} = 1,67971 + 0,0112058X$ | 0,39           |

<sup>1</sup> FRIFT: farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia.

Todas as variáveis da Tabela 11 estão diretamente relacionadas com o peso dos animais. De acordo com D'Mello (2003), o suíno é um animal doméstico com alto *turnover* proteico, especialmente nas fases inicial e de crescimento, o que lhe permite atingir até 12 vezes o peso ao desmame em cerca de 3 meses. Entretanto, para isso, é necessário haver substrato proteico, em especial de aminoácidos, em quantidade suficiente para que o animal possa expressar seu potencial genético.

Nesse sentido, um fator que pode ter contribuído para o baixo desempenho dos suínos à medida que aumentaram os níveis de inclusão de FRIFT é o tempo de estocagem desse alimento. Desde a sua obtenção, na indústria, até o início dos experimentos, houve um período de cerca de 10 meses de estocagem.

De acordo com Anderson et al. (1993), a conservação da matéria prima pode influenciar na qualidade da proteína, pois longos períodos de estocagem podem causar degradação dos aminoácidos por atividades bacterianas, resultando na produção e acúmulo de aminas biogênicas. Esses compostos são tóxicos e reduzem a qualidade proteica do produto final, afetando adversamente o desempenho dos animais.

Outro fator que pode ter alterado o desempenho dos animais é o não atendimento de sua demanda energética, uma vez que se houve oxidação da gordura ou desnaturação de aminoácidos presentes na FRIFT, certamente a energia do alimento também foi reduzida. Além disso, Cacherini et al. (2005) salientam que os valores energéticos dos alimentos alternativos, sobretudo os de origem animal, podem apresentar variações, devido principalmente a diferentes matérias-primas utilizadas e a não padronização dos processamentos desses ingredientes.

Na Tabela 12, são apresentadas as médias para custo total da ração (CTR), ganho proporcional de suínos (GPS), relação ganho proporcional:custo da ração (GP:CR) e índice bioeconômico (IBE) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT.

Não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) para o CTR em nenhum dos níveis de inclusão de FRIFT, pelo teste de Dunnett, quando comparados com a ração referência. Ainda assim, as variáveis GPS e IBE apresentaram os melhores resultados ( $P < 0,05$ ) apenas para a ração referência, sendo que a partir do menor nível de inclusão de FRIFT (5%) já houve piora nos resultados. Já a relação GP:CR apresentou piora ( $P < 0,05$ ) a partir de 10% de inclusão da FRIFT nas rações, haja vista que para o nível de 5% de inclusão de FRIFT não houve diferença estatística, pelo teste de Dunnett, em comparação com a ração controle.

**Tabela 12.** Custo total da ração (CTR), ganho proporcional de suínos (GPS), relação ganho proporcional:custo da ração (GP:CR) e índice bioeconômico (IBE) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de FRIFT<sup>1</sup>.

| Variáveis              | Níveis de inclusão de FRIFT (%) |        |        |        |        | P<br>linear | P<br>quadrático | CV(%) |
|------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|-----------------|-------|
|                        | 0                               | 5      | 10     | 15     | 20     |             |                 |       |
| CTR (R\$)              | 23,99                           | 21,24  | 23,37  | 22,73  | 22,89  | -           | -               | 11,59 |
| GPS (R\$) <sup>2</sup> | 88,72                           | 78,11* | 72,61* | 68,71* | 61,65* | 0,01        | 0,07            | 14,78 |
| GP:CR                  | 3,68                            | 3,68   | 3,11*  | 3,02*  | 2,69*  | 0,01        | 0,06            | 6,66  |
| IBE (kgPV)             | 13,83                           | 12,15* | 10,52* | 9,83*  | 8,28*  | 0,01        | 0,06            | 16,78 |

<sup>1</sup> FRIFT: farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia.

<sup>2</sup> Médias, na linha, seguidas por \*, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Dunnett.

O GPS corresponde à multiplicação entre o ganho de peso dos suínos, proporcional aos dias de experimento, e o seu preço por quilograma. Sendo assim, para um mesmo período de avaliação, os tratamentos que proporcionaram menores valores de GPS permitem inferir que resultaram em menor GPD, uma vez que o preço adotado por quilograma de suíno foi o mesmo para todos os animais. Esse dado reitera os resultados obtidos na Tabela 2, para o GPD dos suínos avaliados.

A relação GP:CR corresponde à razão entre os valores de GPS e CTR, em reais. Sendo assim, quanto maiores estes valores, maior será o GPS ou menor será o CTR, indicando um elevado ganho de peso com baixo consumo de alimento. Entretanto, a partir de 10% de inclusão de FRIFT nas rações, embora o CTR tenha permanecido constante ( $P > 0,05$ ); o GPS reduziu significativamente, reduzindo os valores da relação GP:CR. Isso demonstra que a partir de 10% de inclusão de FRIFT nas dietas para suínos o desempenho econômico mostrou-se inviável.

Com relação ao IBE, Teixeira (2001) explica que essa variável consiste na quantidade líquida de animais produzidos numa criação depois de subtraída a quantidade de animais necessária para pagar o custo de sua alimentação. Em outras palavras, seria a quantidade de suínos, em quilogramas, remanescente após destinar parte dessa quantidade para custear sua alimentação. Para tanto, é necessário saber o preço pago pelo quilograma do suíno e o custo de sua alimentação, convertendo esse último valor para quilograma de carne suína.

Sendo assim, é possível inferir que a inclusão da FRIFT na alimentação dos animais, desde o primeiro nível (5%), já prejudicou economicamente o desempenho dos suínos. O IBE reduziu de 13,83 para 12,15 kgPV; o que representou 12,14% de prejuízo. Para o maior nível

de inclusão de FRIFT avaliado (20%), a redução do IBE foi a maior encontrada, correspondendo a 8,28 kgPV, ou seja, 40,13% de prejuízo em relação à ração referência.

Houve efeito linear decrescente ( $P=0,01$ ) dos níveis de inclusão de FRIFT sobre as variáveis GPS, GP:CR e IBE (Tabela 4). Entretanto, nenhum efeito quadrático ( $P>0,05$ ) foi observado para qualquer das variáveis analisadas. Na tabela 13, são apresentados os modelos de regressão para as variáveis GPS, GP:CR e IBE.

**Tabela 13.** Equações de regressão para o ganho proporcional de suínos (GPS), relação ganho proporcional:custo da ração (GP:CR) e índice bioeconômico (IBE) de suínos, machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FRIFT<sup>1</sup>.

| Variáveis | Método aplicado | Equação                         | R <sup>2</sup> |
|-----------|-----------------|---------------------------------|----------------|
| GPS       | Equação linear  | $\hat{Y} = 86,6678 - 1,27062X$  | 0,48           |
| GP:CR     | Equação linear  | $\hat{Y} = 3,76231 - 0,052705X$ | 0,75           |
| IBE       | Equação linear  | $\hat{Y} = 13,6074 - 0,268464X$ | 0,59           |

<sup>1</sup> FRIFT: farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia.

Observou-se que a equação linear se ajustou aos dados das variáveis analisadas e com destaque para a relação GP:CR, em que foi obtido um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) forte, correspondente a 0,75. Para as variáveis GPS e IBE, os valores de  $R^2$  corresponderam a 0,48 e 0,59; respectivamente, considerados moderados (SAMPALHO, 2007).

Ainda assim, embora os valores de  $R^2$  obtidos para a maioria das regressões realizadas tenham sido moderados (Tabelas 11 e 13), a comparação entre as médias dos tratamentos (5, 10, 15 e 20% de FRIFT) e as médias da ração referência, para todas as variáveis avaliadas (Tabelas 10 e 12) permitem inferir que a inclusão da FRIFT em rações para suínos, em qualquer nível, prejudicou o desempenho econômico dos animais.

### **3.4. Conclusões**

A Farinha do Resíduo da Filetagem da Tilápia apresentou valores de energia digestível e metabolizável correspondentes a 3.632 e 3.260 kcal/kg, respectivamente, para suínos mestiços, machos castrados, dos 15 aos 30 kg.

Os coeficientes médios de digestibilidade ileal aparente e verdadeira, dos aminoácidos essenciais, correspondentes a 73,07% e 75,63%; respectivamente. Os valores de aminoácidos digestíveis ileais verdadeiros foram de 2,083%; 1,427%; 1,116% e 0,799%; para a lisina, treonina, met+cis e metionina, respectivamente.

Níveis de até 10% de inclusão da FRIFT, em rações para suínos, machos castrados, dos 15 aos 30kg, não prejudicaram o GPD e a CA dos animais.

### 3.5. Referências bibliográficas

- ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; McNIVEN, M.A. Evaluation of protein quality of fish meal by chemical and biological assays. **Aquaculture**, v.115, p.305-325, 1993.
- APOLÔNIO, L. D.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões, determinada pelo método do sacrifício. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p. 1983-1992, 2002.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 247p.
- BATTERHAM, E. S.; ANDERSEN, L. M.; BAIGENT, D. R. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: methionine. **British Journal of Nutrition**, v.70, n.3, p.711-720, 1993.
- BELLAVER, C. Digestibilidade ileal de aminoácido e utilização dos valores na formulação de dietas para suíno em crescimento. In: CONGRESSO DE LA AMENA Y I DEL CLANA, 11., 2003, México. **Anais...** México: 2003. p.225-232.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.430, 2002.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de residuo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.8-13, 2004.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.
- BRUM JR., B.S.; ZANELLA, I.; TOLEDO, G.S.P.; et al. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1423-1429, 2007.
- BÜNZEN, S; SALGUERO, L.F.T; ROSTAGNO, H. et al. Recentes avanços na nutrição de suínos. IN: SIMPÓSIO BRASIL-SUL DE SUINOCULTURA, 2008, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. **Anais...**UDESC, Ago 2008, p.111-138.
- CACHERINI, L. C. et al. Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base em proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.535-540, 2005.
- CERVANTES-PAHM.K; STEIN. H. Ileal digestibility of amino acids in conventional, fermented, and enzyme-treated soybean meal and in soy protein isolate, fish meal, and casein fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2674-2683, 2010.



- D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in farm animal nutrition**, 2<sup>a</sup> ed. CABI, Wallingford. 2003, 440p.
- EL-SAYED, A.F.M. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 621-626, 2002.
- EYNG, C., NUNES, R.V., POZZA, P.C.; et al. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2670-2675, 2010.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2364-2374, 1995.
- FAN, M. Z., SAUER, W. C., LI. S. The additivity of the digestible energy and apparent ileal digestible amino acid supply in barley, wheat and canola meal or soybean meal diets for growing pigs. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, v.70, p.72-81, 1993.
- FURUYA, W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; VIDOTTI, R.M.; et al. Digestibilidade e parâmetros ruminais de rações contendo silagens de resíduo da filetagem de tilápia. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.28, n.4, p.437-445, 2006.
- GRALA, W.; VERSTEGEN, M. W. A.; JANSMAN, A. J. M.; et al. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean a rapeseed products. **Journal of Animal Science**, v.76, p.557-568, 1998.
- HODGKINSON, S. M.; SOUFFRANT, W. B.; MOUGHAN, P. J.; et al. Comparison of the enzyme-hydrolyzed casein; guanidination and isotope dilution methods for determining ileal endogenous protein flow in the growing rat and pig. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2525-2534, 2003.
- JANSMAN, A. J. M.; SMINK, W.; VAN LEEUWEN, P. et al. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feeding Science Technology**, v.98, p.49-60, 2002.
- JUNQUEIRA, O.M.; SILZ, L.Z.T.; ARAÚJO, L.F.; et al. Avaliação de níveis e fontes de proteína na alimentação de leitões na fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1622-1627, 2008.
- JUST, A. The net energy value of crude (catabolized) protein for growth in pigs. **Livestock Production Sciences**, v.9, p.349-360, 1982.
- KIM, S.W.; EASTER, R.A. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1829-1839, 2001.

- LOPES, E.L.; JUNQUEIRA, O.M.; NUNES, R.C.; et al. Fontes e níveis de proteína em rações iniciais para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2292-2299, 2004 (Supl.3).
- MATTERSON, L.D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. Agric. Exp Stat., Research Report 7, 1965.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- NASCIMENTO, A. H. et al. Valores de energia metabolizável de farinhas de penas e de vísceras determinados com diferentes níveis de inclusão e de duas idades de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p. 877-881, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10Ed, Washington, D.C.: National Academic of Science, 1998, 245p.
- NOBLET, J., PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Sciences**, v.71, n.12, p.3389-3398, 1993.
- NOGUEIRA, E. T.; SANTIAGO, L. L. Avaliação de digestibilidade de aminoácidos com suínos. **Nutritime**, artigo, 102, v.7, n.1, janeiro/fevereiro, 2010.
- NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; NUNES, C.G.V.; et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiology and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14ed. Piracicaba: DEGASPARI, 2000, 477 p.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; et al. Digestibilidades ileal aparente e verdadeira dos aminoácidos de farinhas de vísceras para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2327-2334, 2005.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Avaliação da perda endógena de aminoácido; em função de diferentes níveis de fibra para suíno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1354-1361, 2003.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L. et al. Exigência de treonina digestível para suínos machos castrados dos 15 a 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.560-568, 2000.
- ROSTAGNO, H. S., FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 2000.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ed. Viçosa, MG: UFV, 2011, 252p.

- RICHTER, N.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of moringa (Moringa oleifera Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.). *Aquaculture*, v.217, p.599-611, 2003.
- RUTZ, F.; LIMA, G.L.M.M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. IN: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Facta. **Anais...**Campinas, Out 1994, p.73-84.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283 p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007, 264p.
- SCHERER, D.A.A. Digestibilidade ileal de aminoácidos da farinha dos resíduos industriais de filetagem da tilápia para suínos em fase inicial. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, **Trabalho de Conclusão de Curso**, 26p. 2012.
- SCHEUERMANN, G.N.; ROSA, P.S. **Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização, 2008**. Disponível em: <[www.agrosoft.org.br/agropag/100285.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/100285.htm)>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- SILVA, H.B.R.; LANDELL FILHO, L.C. Silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento – parâmetros de desempenho e organolépticos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.137-141, 2003.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3Ed, Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SOARES, K. R. et al. Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. **Ciências Agrotec.**, v.29, n.1, p. 238-244, 2005.
- SOUFFRANT, W. B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, p.147-166, 1991.
- TEIXEIRA, A.S. **Alimentos e alimentação dos animais**, Lavras:UFLA/FAEPE, 2001, 241p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV.CPD. **SAEG – Sistema para análise estatística e genética**. Viçosa, MG, 1999, 59p.