

Efeitos da peletização e extrusão sobre a digestibilidade de ingredientes alternativos do Semi-árido Nordeste para a tilápia do Nilo¹

Pelleting and extrusion effects on the digestibility of alternative ingredients in Northeast Semi-arid for Nile tilapia

Lilian Dena dos Santos^{2*}; Sílvia Maria de Negreiros Sousa³;
Lilian Carolina Rosa da Silva²; Robie Allan Bombardelli⁴; Fábio Meurer⁵

Resumo

Foi avaliada a digestibilidade aparente dos nutrientes e energia da raspa de mandioca (RM), a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos (FR) e a farinha de feno de maniçoba (FM), para a tilápia do Nilo em rações processadas na forma peletizada e na forma extrusada. Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia brutas para a RM, o FR e a FM em rações peletizadas foram respectivamente 77,97 e 65,86%, 93,79 e 88,62%, 54,62 e 28,64%. Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia brutas para a RM, o FR e a FM em rações extrusadas foram respectivamente 83,98 e 81,77%, 62,55 e 89,81%, 52,73 e 28,09%. A extrusão contribuiu para a melhora da digestibilidade aparente da energia da RM, porém diminuiu a digestibilidade aparente da fração protéica da FR. Os valores de nutrientes digestíveis determinados no presente trabalho, independente do processamento, apontam para um bom potencial para a utilização da raspa de mandioca e a farinha de resíduos de abate de caprinos/ovinos na composição de rações para a tilápia do Nilo, ao contrário do feno de maniçoba moído.

Palavras-chave: Avaliação de alimentos, nutrição de peixes, *Oreochromis niloticus*, processamento de ração

Abstract

The apparent digestibility of nutrients and energy from cassava (RM), goats / sheep by products meal (FR) and maniçoba hay meal (FM) was evaluated for Nile tilapia in feed processing, as pelletized and extruded form. The apparent digestibility of crude protein and energy for the RM, FR and FM in pelletized diets were respectively 77.97 and 65.86%, 93.79 and 88.62%, 54.62 and 28.64%. The apparent digestibility of crude protein and energy for the RM, FR and FM in extruded feeds were respectively 83.98 and 81.77%, 62.55 and 89.81%, 52.73 and 28.09%. The extrusion contributed to the improvement

¹ Projeto financiado pela FACEPE, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco.

² Prof^{as} Dr^{as} em Zootecnia; Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Setor Palotina, Palotina, PR. E-mail: liliansantos@ufpr.br; lrsilva@ufpr.br

³ M.e em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: silia_negreiros@hotmail.com

⁴ Prof. Dr. em Zootecnia; Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, UNIOESTE, Campus Toledo; Programa de Pós Graduação em Zootecnia, UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon. E-mail: rabombardelli@gmail.com

⁵ Prof. Dr. em Zootecnia; Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, UFPR, Campus Jandaia, Jandaia do Sul, PR. E-mail: fabiomeurer@ufpr.br

* Autor para correspondência

of energy digestibility of the RM, but reduced the apparent digestibility of the protein fraction of FR. The values of digestible nutrients in the present work, regardless of the processing, suggest a good potential for the use of cassava flour and goats/sheep by products meal in the composition of diets for Nile tilapia, unlike hay maniçoba hay meal.

Key words: Feed evaluation, fish nutrition, *Oreochromis niloticus*, feed processing

Introdução

Uma das regiões brasileiras onde o cultivo de tilápia encontra uma excelente condição é o Semi-árido Nordeste, que, apesar da característica da baixa pluviosidade, tem na piscicultura uma área potencial de atividade econômica. A presença de alguns rios, com destaque para o Rio São Francisco e suas barragens, canais de irrigação e lagoas, conjugados com o clima adequado ao cultivo de espécies tropicais, oferecem área e ótimas condições para a instalação de sistemas de produção de peixes (MEURER et al., 2010).

Do ponto de vista social, a tilapicultura pode se tornar uma fonte de renda importante para a população local. Neste contexto, a criação da tilápia do Nilo, tem se apresentado como uma alternativa importante para a Região, pois apresenta um pacote tecnológico de cultivo dominado por técnicos e produtores.

Na criação da tilápia a alimentação representa os mais elevados custos (EL-SAYED, 2006) e uma das alternativas para diminuir esses custos é o uso de ingredientes regionais alternativos. O estudo dos alimentos alternativos procura dar subsídios para a produção de rações, além de mais baratas, de mesma qualidade nutricional, proporcionando desempenho produtivo equivalente àquelas formuladas com alimentos convencionais.

A peletização é um processamento barato e que pode ser feito na propriedade rural. Porém, tem como desvantagens, a baixa estabilidade na água e o rápido afundamento na água. As rações extrusadas são tidas atualmente como as mais adequadas à piscicultura, principalmente em criações semi-intensivas e intensivas, pois propicia uma avaliação visual do consumo de ração no viveiro, bem como

diminui perdas por solubilização para a água, porém seu custo, superior ao da peletizada (PASTORE et al., 2012).

Na região do Semi-árido Nordeste a raspa integral de mandioca, a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos e a farinha de feno de maniçoba são ingredientes disponíveis e com potencial para a utilização na alimentação da tilápia do Nilo. A digestibilidade é um dos aspectos mais importantes na avaliação do valor biológico dos alimentos, fornecendo a estimativa da disponibilidade dos nutrientes de um determinado alimento (ALLAN et al., 2000).

O presente trabalho objetivou avaliar a digestibilidade dos nutrientes e energia e o efeito do processamento, peletização e extrusão, de três ingredientes regionais disponíveis no Semi-árido Nordeste, a raspa integral de mandioca, a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos e o farinha de feno de maniçoba em rações práticas, a base de farelo de soja e milho para a tilápia do Nilo.

Material e Métodos

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Aqüicultura do Curso de Zootecnia, no *Campus* da Fazenda Experimental de Petrolina, da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Foi avaliada a digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de três alimentos alternativos disponíveis no Semi-árido Nordeste, a raspa integral de mandioca, a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos e a farinha de feno de maniçoba, especificamente na região do Sub-Médio São Francisco no pólo Petrolina/Juazeiro, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em rações processadas na forma peletizada e na forma extrusada.

O trabalho foi realizado em seis tanques circulares em fibra de vidro de 1.000 L de volume útil, seis cubas cilíndricas de fundo cônico de 200 L de volume útil, fabricadas em fibra de vidro, onde no fundo possuía uma válvula de PVC adaptada a um recipiente para coleta de fezes, e seis tanques rede de malha plástica de 1 cm com cerca de 100 L de volume interno.

O sistema de oxigenação da água era composto de um soprador de 1/2 cv ligado por meio de mangueiras plásticas a pedras microporosas, nas caixas e nas cubas. As caixas de alimentação (1.000L cada) estavam montadas em sistema de recirculação de água, sendo que a renovação diária era da ordem de cinco vezes o seu volume. Este sistema possuía um biofiltro composto por uma caixa de 1.000L com substrato feito por pedras.

Um lote de 500 alevinos de tilápia do Nilo, sexualmente revertidos na fase inicial, com 60 dias de idade e peso médio de 10g, provenientes do Centro Integrado de Recursos Pesqueiros de Bebedouro, pertencente à 3ª Superintendência Regional da CODEVASF, de Petrolina - PE, foram acondicionados nos seis tanques de 1.000L com aeração e circulação de água constantes. O lote permaneceu por um período de dois meses recebendo uma ração peletizada, a base de farelo de soja e milho (semelhante a ração referência) contendo 30% de proteína digestível (PD) e 3.000 Kcal.kg⁻¹ de energia digestível (ED), visando o seu crescimento ideal para atender a metodologia proposta.

Do lote inicial, foram selecionados 210 juvenis com peso médio de 54 ± 2g e distribuídos nos tanques rede de malha plástica. A comparação foi feita por ingrediente, tendo como tratamento a forma do seu processamento da ração (peletizada ou extrusada), portanto para cada ingrediente havia dois tratamentos e três repetições. Sendo que cada unidade experimental foi constituída por um tanque com 35 juvenis.

O manejo experimental foi feito de acordo com o descrito por Boscolo, Hayashi e Meurer (2002),

Meurer, Hayashi e Boscolo (2003a) e Araújo et al. (2012). O período de adaptação utilizado para cada ração foi de cinco dias. Após o período de alimentação e de coleta de fezes, efetuou-se a limpeza dos tanques experimentais e das cubas, preparando-os para nova coleta (repetição). A coleta de fezes (repetição/dia) foi realizada durante cinco dias, tanto para a ração-referência como para cada uma das rações contendo os alimentos testados (BIUDES; PEZZATO; CAMARGO, 2009).

A determinação da digestibilidade aparente dos alimentos testados foi feita de acordo com o NRC (1993) pelo método indireto de coleta de fezes utilizando 0,1 g de óxido crômico (Cr₂O₃) como marcador, uma ração prática como referência e uma ração teste (Tabela 1). As rações-teste foram compostas por 70% da ração-referência e 30% do alimento a ser testado, corrigindo-se apenas a quantidade de suplemento mineral e vitamínico e sal comum.

Tabela 1. Composição percentual das rações-referência e teste, utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente de raspa de mandioca para a tilápia do Nilo.

Alimento	Ração-referência 1	Ração-teste
Farelo de soja	70,22	49,5
Milho	20,2	14,14
BHT ¹	0,01	0,01
Fosfato bicálcico	2,9	2,03
Calcário	0,13	0,09
Óleo de soja	3,94	2,76
Suplemento ¹	2	2
Sal	0,50	0,50
Óxido crômico	0,10	0,10
Alimento teste	0,00	29,22
Total	100,00	100,00

¹Butil hidroxitolueno; ²Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por quilograma do produto (Supremais): Vit. A, 1.200.000UI; Vit. D₃, 200.000UI; Vit. E, 12.000mg; Vit. K₃, 2.400mg; Vit. B₁, 4.800mg; Vit. B₂, 4.800mg; Vit. B₆, 4.000mg; Vit. B₁₂, 4.800mg; Ác. Fólico, 1.200mg; Pantotenato Ca, 12.000mg; Vit. C, 48.000mg; Biotina, 48mg; Colina, 65.000mg; Niacina, 24.000mg; Ferro, 10.000mg; Cobre, 6.000mg; Manganês, 4.000mg; Zinco, 6.000mg; Iodo, 20mg; Cobalto, 2mg; Selênio, 20mg.

Fonte: Elaboração dos autores.

Para a fabricação da ração-referência e das rações-teste, os componentes destas foram moídos em um triturador tipo martelo com peneira de 1,0 mm, posteriormente foram misturados de acordo com a sua formulação e então processados. A peletização foi feita em uma peletizadora experimental pelo umedecimento prévio da mistura com água à temperatura de cerca de 50 °C. A extrusão foi feita em uma extrusora da marca Imbramaq™ com capacidade de 60 kg/h. Após o processamento as rações foram secas em uma estufa de ventilação forçada por 24h.

Para a obtenção da raspa de mandioca, a mandioca *in natura* foi adquirida em uma feira livre no Município de Petrolina, posteriormente, estas foram lavadas com água, picadas manualmente, espalhadas sobre uma lona plástica ficando exposta ao sol por 24h. Quando atingiu em torno de 12% de umidade, a raspa foi ensacada e armazenada e por ocasião da execução do experimento, a mesma foi triturada em moinho com peneira de 1,0 mm, apresentando-se então como um pó fino de coloração creme clara.

O resíduo de abate de caprinos e ovinos foi coletado no Abatedouro municipal de Petrolina-PE e transformado em farinha retirando óleo através do cozimento durante 1h seguido da secagem em estufa de ventilação forçada por 72h. Posteriormente, foi triturado em moinho com peneira de 1,0 mm, apresentando-se então como um pó fino de coloração marrom.

Para a confecção da ração teste com farinha de feno de maniçoba, foram coletadas as plantas de maniçoba, no *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Estas foram cortadas e secas ao sol, sendo viradas três vezes ao dia. Após 36 h foram retiradas do

local de secagem e armazenadas em sacos de nylon para posterior trituração para obtenção da farinha de feno de maniçoba. O material foi triturado em um moinho com peneira de 1,0 mm e armazenado em sacos plásticos sob refrigeração para posterior confecção da ração.

As variáveis físico-químicas da água, das caixas e cubas, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura foram monitorados em dias alternados pela manhã e à tarde. Os valores médios para a temperatura matutina e vespertina foram, respectivamente, 25,04 e 28,23 °C. Os valores médios do pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, foram respectivamente, 7,23; 5,23 mg/L e ; 0,47 μ Sm/cm. Não houve variação dos referidos parâmetros entre os tratamentos. Os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água dos tanques plásticos, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura matutina e vespertina permaneceram dentro dos valores recomendados para a espécie (EL-SAYED, 2006).

As análises bromatológicas das rações, dos alimentos teste (Tabela 2) e das fezes foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos do Colegiado de Zootecnia da Universidade Federal do Vale do São Francisco, quanto à matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina foi realizada a análise de proteína bruta (PB), de acordo com a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2002). A determinação da concentração do cromo foi realizada no Laboratório de Análises de Solos e Plantas e Fertilizantes do Departamento de Agronomia da UEM-PR, determinado por espectrofotometria de absorção atômica (KIMURA; MILLER, 1957).

Tabela 2. Composição química dos alimentos utilizados para composição da ração referência, rações referências e testes para tilápia do Nilo (Valores expressos em 100% da matéria seca).

Alimentos	MS ¹ (%)	MM ² (%)	EE ³ (%)	PB ⁴ (%)	EB ⁵ (kcal/kg)
Milho	89,60	2,11	2,88	9,98	4.571,41
Far. de soja	90,26	6,03	1,27	43,56	4.201,64
Rações Peletizadas					
Testemunha	89,89	9,06	3,06	39,23	4.128,77
Mandioca	91,83	8,28	1,85	27,33	4.133,36
Maniçoba	89,86	7,39	2,68	32,25	3.925,61
RESCO ⁶	91,61	7,50	5,43	45,83	4.949,85
Rações Extrusadas					
Testemunha	92,70	8,05	4,56	36,79	4.489,41
Mandioca	91,18	6,82	1,99	27,96	4.034,74
Maniçoba	93,11	7,51	5,15	32,08	4.424,17
RESCO ⁶	94,03	6,32	7,73	25,79	4.635,64

¹Matéria Seca; ²Matéria Mineral; ³Extrato Etéreo; ⁴Proteína Bruta; ⁵Energia Bruta; ⁶Resíduo de Abate de Caprinos e Ovinos.

Fonte: Elaboração dos autores.

Para a realização das análises necessárias, os alimentos e rações foram devidamente moídos. As fezes, entretanto, foram descongeladas, peneiradas em malha de 1,0 mm, para a retirada de escamas que, posteriormente foram secas em estufa de ventilação forçada (55 °C durante 24h) e moídas em moinho de bola. O cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia do alimento testado foi realizado de acordo com as equações utilizadas por Mukhopadhyay e Ray (1997).

Os alimentos testados foram comparados entre si quanto ao efeito do processamento pelo teste T, pelo programa computacional SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997).

Resultados e Discussão

A composição química da raspa integral de mandioca, a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos e a farinha de feno de maniçoba, avaliados para a tilápia do Nilo processadas na forma peletizada e extrusada estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química da raspa integral de mandioca, a farinha de resíduo de abate de caprinos/ovinos e a farinha de feno de maniçoba avaliados para tilápia do Nilo (com base na matéria seca).

Alimentos	MS ¹ (%)	MM ² (%)	EE ³ (%)	PB ⁴ (%)	EB ⁵ (kcal/kg)
Raspa de mandioca	90,53	2,03	0,63	2,80	3.689,17
RESCO ⁶	93,46	2,86	17,27	75,14	5.857,34
Feno de maniçoba	92,17	5,60	3,14	23,47	4.727,72

¹Matéria Seca; ²Matéria Mineral; ³Extrato Etéreo; ⁴Proteína Bruta; ⁵Energia Bruta; ⁶Resíduo de Abate de Caprinos e Ovinos

Fonte: Elaboração dos autores.

A raspa de mandioca apresentou baixos valores de MM, EE e PB, porém um teor de energia bruta razoável. Os valores de EE, PB e EB da raspa de mandioca apresentada no presente trabalho foram

próximos aos valores apresentados por Araújo et al. (2012) e Rostagno et al. (2000).

O resíduo de abate de caprinos e ovinos apresentou valores altos para EE, PB e EB, porém baixos valores para a MM. Os valores do presente trabalho para a MM são próximos aos da farinha de sangue e farinha de penas, o de EE superior aos verificados para as farinhas protéicas de origem animal (PEZZATO et al., 2002), a PB próxima a farinha de peixe (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003a; FURUYA et al., 2001), farinha de sangue o valor da EB superior ao da farinha de penas (PEZZATO et al., 2002).

Foi observado que a feno de maniçoba apresentou baixos valores de matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), valores medianos de proteína bruta (PB) e um alto valor de energia bruta (EB). Os valores de nutrientes e EB são semelhantes aos apresentados por Araújo et al. (2012) para o mesmo alimento e próximos aos apresentados por Braga et al. (2010) para o farelo da folha de mandioca.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) da farinha de feno de maniçoba, da raspa de mandioca moída e da farinha de resíduos do abate de caprinos e ovinos em dietas peletizadas e extrusadas para tilápia do Nilo encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente da farinha de feno de maniçoba, da raspa de mandioca moída e da farinha de resíduos do abate de caprinos/ovinos em dietas peletizadas e extrusadas para tilápia do Nilo.

Alimento	Matéria seca (%)	Energia bruta (%)	Proteína bruta (%)
Raspa de mandioca (Peletizada)	53,32 ^b	65,86 ^b	77,97 ^a
Raspa de mandioca (Extrusada)	86,59 ^a	81,77 ^a	83,98 ^a
RESCO ¹ (Peletizada)	83,33 ^a	88,62 ^a	93,79 ^a
RESCO ¹ (Extrusada)	93,93 ^a	89,81 ^a	62,55 ^b
Feno de Maniçoba (Peletizada)	27,86 ^b	28,64 ^a	54,62 ^a
Feno de Maniçoba (Extrusada)	53,47 ^a	28,09 ^a	52,73 ^a

¹ Resíduo de Abate de Caprinos e Ovinos

Fonte: Elaboração dos autores.

A raspa de mandioca processada por extrusão proporcionou bons valores de CDa a MS, EB e PB, e no caso da MS e EB, valores de CDa superiores aos do alimento peletizado ($P < 0,05$). Valores que estão próximos aos apresentados por Araújo et al. (2012) para o mesmo alimento e por Boscolo, Hayashi e Meurer (2002) para a farinha de varredura de mandioca.

Para a farinha de resíduo de abate de caprino/ovino foram observados bons valores do CDa para a MS, PB e EB, para ambas formas de processamento, valores próximos aos determinados por Meurer, Hayashi e Boscolo (2003a) para a farinha de peixes,

superiores aos apresentados por Boscolo et al. (2004) para a farinhas de resíduos de filetagem da corvina e da tilápia do Nilo e Pezzato et al. (2002) para a farinha de carne. Entretanto, o CDa da PB da ração extrusada foi inferior ($P < 0,05$) à peletizada, corroborando os resultados de Cheng e Hardy (2003) que observaram uma diminuição do CDa da PB na extrusão de glúten de milho para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Para o feno de maniçoba, o processamento da ração não proporcionou efeito significativo ($P > 0,05$) para a CDa da EB e PB, entretanto a extrusão melhorou a digestibilidade aparente da

MS em comparação com a peletização. Entretanto, verificaram-se que os valores de CDa foram muito baixos para o feno de maniçoba, o que corrobora com Araújo et al. (2012) e com Braga et al. (2010) para o farelo da folha da mandioca.

Os valores digestíveis da matéria seca, proteína e energia dos alimentos avaliados em rações práticas, a base de farelo de soja e milho, peletizadas e extrusadas para a tilápia do Nilo estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores digestíveis de raspa de mandioca em dietas peletizadas e extrusadas para tilápia do Nilo.

Alimento	Energia digestível (kcal/kg)	Proteína digestível (%)
Raspa de mandioca (Peletizada)	2.429,7	2,2
Raspa de mandioca (Extrusada)	3.016,6	2,4
RESCO ¹ (Peletizada)	5.190,8	70,5
RESCO ¹ (Extrusada)	5.260,5	47,0
Feno de Maniçoba (Peletizada)	1.354,0	12,8
Feno de Maniçoba (Extrusada)	1.328,0	12,4

¹ Resíduo de Abate de Caprinos e Ovinos

Fonte: Elaboração dos autores.

Para a raspa de mandioca, a extrusão se mostrou um processamento adequado, pois proporcionou um incremento significativo da digestibilidade aparente da sua energia. O que é importante, pois como é considerado um alimento energético, uma melhora significativa do aproveitamento desta é interessante.

O principal nutriente da raspa de mandioca é o amido, em um percentual muito variável, mas superior a 70% (MICHELAN et al., 2007). A maior digestibilidade da energia da raspa de mandioca extrusada está relacionada ao aquecimento do amido promovida pela extrusão. Pois de acordo com Souza e Leonel (2010) a extrusão proporciona o aumento da solubilização do amido.

De acordo com Rokey, Plattner e Souza (2010) o processo de extrusão é caracterizado por alta pressão, umidade e temperatura, causando a expansão da mistura de ingredientes e modificações nos seus nutrientes. Com isso ocorre maior gelatinização do amido e exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação digestiva, melhorando a eficiência alimentar (CIACCO; CRUZ, 1992; DREW; BORGESON; THIESSEN, 2007).

Uma situação bastante comum em algumas

regiões do Nordeste, onde a criação da tilápia do Nilo pode ser um importante elemento para a subsistência desta população, a raspa de mandioca pode ser utilizada em rações peletizadas. Pois este processamento pode ser realizado por equipamentos muito simples e a ração pode ser seca a sombra. Apesar de não tão alta quanto à extrusada o valor de energia digestível da raspa de mandioca peletizada é semelhante ao do amido do milho e o sorgo apresentado por Pezzato et al. (2002).

A farinha de resíduo de abate de caprino/ovino apresentou-se como um alimento com excelentes valores de proteína, energia e baixos valores de matéria mineral. O CDa não variou entre os tratamentos ($P > 0,05$). O que deve estar relacionado à contribuição do EE para o conteúdo energético, pois a quantidade deste nutriente no referido alimento é superior a 17%, o aproveitamento deste nutriente, no caso de um alimento de origem animal independe do processamento.

O CDa da proteína foi significativamente menor para a farinha de resíduo de abate de caprino/ovino quando extrusada. Fato que deve estar relacionado à temperatura que a ração é submetida durante

o processo de extrusão. De acordo com Drew, Borgeson e Thiessen (2007) o nível do aquecimento que a farinha de peixe é submetida pode reduzir a digestibilidade dos aminoácidos no produto final. Considerando que no processo de extrusão a ração é submetida à temperatura de no mínimo 105°C, podendo chegar a mais de 150°C, para que ocorra a gelatinização do amido e subsequente expansão dos grânulos, a baixa digestibilidade da proteína da farinha de resíduo de abate de caprino/ovino observada, possivelmente ocorreu devido à plastificação da proteína, ou interação com outras biomoléculas que ocorre sob essas condições.

Gonçalves et al. (2004) apresentou valores de digestibilidade aparente da proteína numericamente inferiores do milho e do farelo de soja extrusados frente aos peletizados. Cheng e Hardy (2003) também determinaram que a extrusão diminuiu a digestibilidade aparente do glúten de milho para truta arco-íris. A alta temperatura pode levar a interação entre carboidrato e proteína (BERTIPAGLIA et al., 2008) ou com lipídios (ROKEY; PLATTNER; SOUZA, 2010)) formando complexos indigestíveis.

Vale destacar que a farinha de resíduo de abate de caprino/ovino, é um alimento que além de excelentes valores de proteína e energia, apresenta um baixo valor de matéria mineral, o que é interessante, pois um dos grandes problemas de algumas farinhas protéicas é justamente altos níveis de matéria mineral (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003a) e conseqüentemente o fósforo. Desta forma, a quantidade de fósforo na composição da farinha de resíduo de abate de caprino/ovino não deve ser um elemento limitante da inclusão deste em rações para a tilápia do Nilo.

O feno da maniçoba moído apresentou baixos valores de nutrientes digestíveis independente do processamento, dados que corroboram com Araújo et al. (2012) e Braga et al. (2010), para o farelo de folhas de mandioca. Os baixos valores de nutrientes e energia digestíveis podem estar relacionados ao alto nível de fibra destes ingredientes (LANNA et

al., 2004).

Pezzato (1999) afirma que a fibra não é uma fonte de energia utilizada pela maioria dos peixes, e além de modificações no tempo de retenção do bolo alimentar no trato digestório (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003b) a diferença entre os resultados apresentados pelo FL podem estar relacionados ao tipo de fibra dos ingredientes, pois de acordo com Hayashi et al. (2000) o tipo de fibra afeta o desempenho de alevinos de tilápia do Nilo.

A melhor digestibilidade aparente da MS apresentada na ração extrusada pode estar relacionada ao efeito deste processamento sobre a fibra do alimento (MEURER; HAYASHI, 2003). A fibra pode ter sua estrutura rompida ou modificada pelo processamento (BERTIPAGLIA et al., 2008; SOUZA; LEONEL, 2010), facilitando a utilização dos seus componentes por microrganismos presentes no trato digestório da tilápia do Nilo (MEURER et al., 2008) ou durante o período em que as fezes ficam sedimentadas nos copos coletores das cubas de coleta de fezes. Ou ainda, as frações da fibra, após o rompimento desta, podem ter se dissolvido para a água, durante a sedimentação das fezes.

Dos alimentos testados verifica-se o grande potencial da raspa de mandioca moída e da farinha de resíduos de abate de caprinos/ovinos, bem como a baixa contribuição do feno de maniçoba moído para a composição de rações para a tilápia do Nilo. Outro item importante é que a extrusão é um processo interessante, porém em algumas situações pode prejudicar o valor nutritivo dos alimentos. De qualquer forma há a necessidade de estudos acerca dos níveis adequados de inclusão dos alimentos avaliados em rações extrusadas e peletizadas para as diversas fases de cultivo da tilápia do Nilo.

Conclusões

A extrusão contribuiu para a melhora da digestibilidade aparente da energia da raspa de mandioca, porém diminuiu a digestibilidade aparente

da fração protéica da farinha de resíduos de abate de caprinos/ovinos. Os valores de nutrientes digestíveis determinados no presente trabalho, independente do processamento, apontam para um bom potencial para a utilização da raspa de mandioca e a farinha de resíduos de abate de caprinos/ovinos na composição de rações para a tilápia do Nilo, ao contrário do feno de maniçoba moído.

Agradecimentos

À FACEPE pela concessão de auxílio financeiro para realização do presente projeto, e pela bolsa de Desenvolvimento Científico Regional concedida à primeira autora.

Referências

ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M. A.; STONE, D. A. J.; ROWLAND, S. J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 186, n. 3-4, p. 293-310, 2000.

ARAÚJO, J. R.; SANTOS, L. D.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, O. O.; MEURER, F. Digestibilidade aparente de ingredientes do Semi-Árido Nordeste para tilápia do Nilo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 900-903, 2012.

BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, G. M. P.; SUGOHARA, A.; MELO, W. J.; BERTIPAGLIA, L. A. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 11, p. 2003-2010, 2008.

BIUDES, J. F. V.; PEZZATO, L. E.; CAMARGO, A. F. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 2079-2085, 2009.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. 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*, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BRAGA, L. G. T.; RODRIGUES, F. L.; AZEVEDO, R. V.; CARVALHO, J. S. O.; RAMOS, A. P. S. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1127-1136, 2010.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 9, n. 2, p. 77-83, 2003.

CIACCO, F. C.; CRUZ, R. *Fabricação de amido e sua utilização*. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia, 1992. 151 p.

DREW, M. D.; BORGESON, T. L.; THIESSEN, D. L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 138, n. 2, p. 118-136, 2007.

EL-SAYED, A. M. *Tilapia culture*. London: Cabi, 2006. 277 p.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para Tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; HISANO, H.; FREIRE, E. S.; FERRARI, J. E. C. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 26, n. 3, p. 313-321, 2004.

HAYASHI, C.; MEURER, F.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 3, p. 689-694, 2000.

KIMURA, F. T.; MILLER, V. L. Improved determination of chromic oxide in cal feed and feces. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, Davis, v. 5, n. 2, p. 216, 1957.

LANNA, E. A. T.; PEZZATO, L. E.; CECON, P. R.; FURUYA, W. M.; BOMFIM, M. A. D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 2186-2192, 2004.

- MEURER, F.; HAYASHI, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes - revisão. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, Umuarama, v. 6, n. 2, p. 127-138, 2003.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003a.
- _____. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 262-267, 2003b.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BARBERO, L. M. SANTOS, L. D.; BOMBARDELLI, R. A.; COLPINI, L. M. S. Farelo de soja na alimentação de tilápias-do-nilo durante o período de reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 791-794, 2008.
- MEURER, F.; OLIVEIRA, S. T. L.; SANTOS, L. D.; OLIVEIRA, J. S.; COLPINI, L. M. S. Níveis de oferta de alimento vivo para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 1, n. 1, p. 111-116, 2010.
- MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; FARIA, H. G.; ANDREAZZI, M. A. Utilização da raspa integral de mandioca na alimentação de coelhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1347-1353, 2007.
- MUKHOPADHYAY, N.; RAY, A. K. The apparent total and nutrient digestibility of sal seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 28, n. 9, p. 683-689, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals. Washington: National Academy Press, 1993. 114 p.
- PASTORE, S. C. G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Ed.). *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biológica Aquática, 2012. p. 295-345.
- PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 1595-1604. 2002.
- PEZZATO, L. E. Alimentação de peixes: relação custo x benefício. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999.
- ROKEY, G. L.; PLATTNER, B.; SOUZA, E. M. Feed extrusion process description. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, p. 510-518, 2010. Supplement.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: UFV, 2000. 141 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.
- SOUZA, L. B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de fibra e parâmetros operacionais de extrusão sobre as propriedades de pasta de misturas de fécula de mandioca e polpa cítrica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, n. 6, p. 686-692, 2010.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG Sistema para análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1. Viçosa, MG, 1997. 150 p.