



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Digestibilidade das Farinhas de Feijão e Amendoim
pela Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi
Co-orientador: Edeimar Roberto Andreatta

Nélia da Conceição Augusto Paul

Florianópolis – SC
2010

Paul, Nélia da Conceição Augusto

Digestibilidade das Farinhas de Feijão e Amendoim pela Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). /Nélia da Conceição Augusto Paul – Florianópolis, 2010.

44p: 5 tabs.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi

Co-orientador: Edegar Roberto Andreatta

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1.*Oreochromis niloticus*; 2.aqüicultura extensiva; 3.amendoim; 4.feijão; 5.Moçambique

Digestibilidade das farinhas de feijão e amendoim pela Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Por

NÉLIA DA CONCEIÇÃO AUGUSTO PAUL

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi – *Orientadora*

Dr. José Eurico Possebon Cyrino

Dra. Maude Regina de Borba

*Aos meus filhos e ao meu saudoso
sogra, Louis Paul, que nunca mediu
esforços para que não faltasse
educação aos seus filhos e netos.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo, Óscar Paul, e aos meus filhos, Daniela e Rodrigo, pelo incentivo e apoio incondicional.

Aos meus pais, Domingos Augusto e Filomena Brito, à minha sogra, Maria de Lurdes Paul, às minhas irmãs Eurice, Graciete e Paula, pelo incomensurável zelo e dedicação aos meus filhos e esposo nestes dois anos de ausência.

Ao Ministério das Pescas de Moçambique pela oportunidade de aprimorar os meus conhecimentos.

À Professora Débora Machado Fractalossi e à Dra. Maude Regina de Borba pelo importante aprendizado.

Ao professor Edeimar Roberto Andreatta pela fraternidade e orientação logística.

À Maria do Carmo Gominho Rosa, em especial, pelo imenso apoio no trabalho braçal do experimento, na análise estatística e pela amizade que muito favoreceram ao meu equilíbrio emocional.

Aos amigos, Jhon Jimenez Rojas, Ana Paula Oeda Rodrigues, Eulália Mugabe e Maria Salete Valle Pereira pela amizade sincera.

À Dariane Enke, ao Fernando Henrique Cornélio, Vitor Augusto Giatti Fernandes, Ronaldo Lima e Josiane Ribolli e aos estagiários Maria Fernanda da Silva, Douglas Amaral da Cunha, Ricardo Berto, Fernando Yamamoto e Alexander Hilata pela solidariedade.

À Southern Ocean Education and Development (SOED) pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

Esforços têm sido feitos para substituir derivados de peixe nas rações para a aquicultura por ingredientes mais acessíveis. O feijão e o amendoim podem ser uma alternativa à produção de rações para a tilápia. Contudo, pouco se sabe sobre a viabilidade desses ingredientes. O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade das farinhas de amendoim torrado e feijão cozido pela tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*. Utilizou-se uma dieta-referência semipurificada com 32% de proteína bruta (PB) e dietas experimentais com 69,5% da dieta-referência, 0,5% de Cr_2O_3 como marcador inerte e 30% dos ingredientes-teste, nas combinações: 0A (0% amendoim):100F (100% feijão), 25A:75F, 50A:50F, 75A:25F, 100A:0F. Os peixes foram alimentados uma vez ao dia, a 3% da biomassa. O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados com três repetições. As unidades experimentais foram tanques de 200 L com sete machos ($285,82 \pm 60,00$ g), conectados a um sistema de recirculação de água, com aeração e temperatura controlada (28°C). Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da PB, energia bruta (EB), matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) foram obtidos pelo método indireto. O amendoim apresentou valores nutricionais superiores ao feijão e, ao aumentar a sua concentração nas dietas, os CDA da PB, MS e EB aumentaram. O inverso ocorreu com o CDA do EE. O amendoim é mais adequado para a produção de dietas de alta digestibilidade para a tilápia.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*; aquicultura extensiva; amendoim; feijão; Moçambique

ABSTRACT

Efforts have been made to replace fish meal in aquafeeds with more available ingredients. Beans and peanuts can be an alternative to producing such feeds for tilapia. However, little is known about the viability of these ingredients. The aim of this study was to evaluate the digestibility of peanut and beans by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. We used a semipurified reference diet, with 32% crude protein (CP), and the experimental diets contained 69.5% of the reference diet, 0.5% Cr₂O₃ as an inert marker, and 30% of the test ingredients, in the following combinations: 0A (0% peanuts):100F (100% beans), 25A:75F, 50A:50F, 75A:25F, 100A:0F. The experimental units were 200-L tanks with seven males (285.82 ± 60.00 g). Tanks were connected to a water recirculation system with aeration and controlled temperature (28°C). Diets were fed to triplicate tanks on a completely randomized block design. Fish were fed once daily at 3% biomass. The apparent digestibility coefficients (ADC) of CP, gross energy (GE), dry matter (DM) and ether extract (EE) were estimated. Peanut presented higher nutritional value than beans for tilapia and the ADC of CP, DM and GE increased as the peanut concentration in the experimental diets increased. The opposite occurred with the CDA for EE. Peanut is most suitable for the production of highly digestible diets for tilapia.

Keywords: *Oreochromis niloticus*; extensive aquaculture; peanut; bean; Mozambique

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	Composição nutricional das farinhas de amendoim torrado e feijão cozido analisadas e exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo.....	27
Tabela 2	Composição centesimal dos ingredientes utilizados nas dietas-teste (base seca) e de ingredientes da dieta-referência.....	28
Tabela 3	Formulação (base seca) e composição proximal das dietas referência e experimentais, contendo diferentes proporções de farinhas de amendoim torrado (A) e feijão cozido (F). Valores expressos em 100% da matéria seca...	29
Tabela 4	Coefficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) da energia e nutrientes selecionados das farinhas de amendoim torrado, feijão cozido e diferentes proporções de ambas, para tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)....	33
Tabela 5	Custo aproximado por quilograma da matéria seca, proteína e energia digestíveis dos ingredientes e das diferentes proporções (% amendoim: % feijão).....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Farinha de amendoim torrado
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
EE	Extrato etéreo
EB	Energia bruta
F	Farinha de feijão cozido
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
INFOSA	Fish Info Network Southern Africa
MS	Matéria seca
MINAG	Ministério da Agricultura (de Moçambique)
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta
SADC	Southern African Development Community
SOED	Southern Ocean Education and Development

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
A tilápia-do-Nilo.....	16
Os ingredientes-teste (feijão e amendoim).....	17
Fatores antinutricionais.....	19
Objetivo geral.....	22
Objetivo específico	22
DESENVOLVIMENTO – ARTIGO CIENTÍFICO.....	23
Resumo.....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos.....	25
<i>Delineamento e condições experimentais.....</i>	25
<i>Preparação dos ingredientes, formulação e confecção das dietas.....</i>	26
<i>Exigência nutricional da tilápia-do-Nilo e composição nutricional dos ingredientes.....</i>	26
<i>Arraçoamento e coleta das fezes.....</i>	30
<i>Métodos analíticos para os cálculos do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA).....</i>	31
<i>Custo do nutriente digestível.....</i>	32
<i>Análise estatística.....</i>	32
Resultados e Discussão.....	32
Conclusão.....	36
Agradecimentos.....	36
Bibliografia consultada.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO.....	41

INTRODUÇÃO

A aquicultura de pequena escala não é novidade no continente africano. Contudo, contrasta com a aquicultura mundial, a qual vem desenvolvendo em ritmo rápido representando cerca de 50% da produção mundial de pescado (Fish Info Network Southern Africa - INFOSA, 2009). Segundo a mesma fonte, a região da SADC (Southern Africa Development Community) contribui com apenas 6% dessa produção. Moçambique, que se localiza na costa oriental da África Austral, tem a agricultura como a base da economia, com um potencial estimado em 36×10^6 ha de terras aráveis (MODADUGU et al., 2005). O feijão e o amendoim estão entre os produtos agrícolas mais comercializados no país, apesar da baixa produtividade que resulta da falta de tecnologias e de serviços de assistência técnica apropriados (LONGLEY et al., 2005). A baixa produtividade é agravada pelo declínio na produção agrária do setor familiar (MINAG, 2006).

Por outro lado, o clima de Moçambique é predominantemente tropical e, apesar da ocorrência eventual de ciclones e cheias, é favorável à produção de espécies tropicais como as tilápias e de outros peixes, como o bagre americano (*Ictalurus punctatus*) e carpas (INFOSA, 2009). As espécies de tilápia mais produzidas são: moçambicana (*Oreochromis mossambicus*), do Nilo e a de peito vermelho (*Tilapia rendalli*), híbridos destas três espécies (MODADUGU et al., 2005), bem como camarões de água doce, amplamente distribuídos pelos rios, seus habitats naturais (INFOSA, 2009).

Apesar da aquicultura em Moçambique encontrar-se ainda numa fase inicial, a piscicultura em águas continentais, principalmente representada por produções em pequena escala, é por natureza um potencial contribuinte para a segurança alimentar, geração de emprego e desenvolvimento econômico naquele país (MODADUGU et al., 2005). Moçambique possui mais de 258.000 ha de áreas propícias ao desenvolvimento da piscicultura continental (INFOSA, 2009).

Em consultoria feita pela INFOSA (2009) constatou-se que a falta de ração barata, de boa qualidade e balanceada constitui uma grande fraqueza na produção aquícola de água doce. A inexistência da indústria de rações animais no país é justificada pelo mercado ainda reduzido para atrair produtores comerciais. A consultoria constatou ainda que, para diminuir os custos, já que a ração existente no mercado é importada da África-do-Sul, os peixes não são alimentados todos os

dias. Como alternativa à ração importada, a maior parte dos pequenos produtores fertiliza os seus viveiros usando excremento de animais, para aumentar a produção natural. A ração de fabrico caseiro, produzida principalmente a partir de restos de alimentos, cereais e outros ingredientes é, em alguns casos, usada como suprimento. Como forma de suprir essas dificuldades, um dos objetivos da Estratégia de Desenvolvimento da Aquicultura em Moçambique 2008-2017 é aumentar e melhorar a produção aquícola de pequena escala através melhoria dos métodos de produção de rações balanceadas, usando excedentes e desperdícios agrícolas e pesqueiros (INFOSA 2009).

A tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus)

As tilápias são peixes tropicais naturais da África, Israel e Jordânia e representam um grande número de peixes de água doce da família Ciclidae (EL-SAYED, 2006). Possuem hábito alimentar onívoro (BOMFIM et al., 2008), facilitando a seleção de ingredientes para o preparo das rações. Devido ao seu potencial para a aquicultura, tiveram a sua distribuição amplamente expandida nos últimos cinquenta anos (BOSCOLO et al., 2002).

As tilápias, sob condições de produção extensivo e até um determinado tamanho, crescem satisfatoriamente utilizando apenas o alimento natural, através da fertilização do viveiro (EL-SAYED, 2006). Entretanto, para um crescimento eficiente, rações suplementares balanceadas deverão ser fornecidas, quando a capacidade de suporte do sistema for atingida (SHIAU, 2002).

As proteínas são nutrientes indispensáveis para a estrutura e funcionamento de todo o organismo vivo e quando ingeridas continuamente favorecem a manutenção, crescimento e reprodução (SHIAU, 2002). Segundo o mesmo autor, os peixes não necessitam de proteínas, mas sim de uma mistura bem balanceada de aminoácidos indispensáveis (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) e dispensáveis presentes nas proteínas. Webster e Lim (2002) salientam a importância do conhecimento da composição, digestibilidade e quantidade da fonte protéica, quando se formula uma dieta. Shiau (2002) menciona que dietas práticas para o crescimento de tilápia geralmente contêm 25-35% de proteína bruta. O NRC (1993), por sua vez, recomenda um mínimo de 32% de proteína bruta e 28% de proteína digestível para o crescimento adequado da tilápia na fase de engorda.

Chou e Shiau (1996), estudando níveis de lipídeos na dieta de híbridos de tilápia (*O. niloticus* e *O. aureus*), concluíram que, apesar da espécie tolerar uma dieta com 10 a 15% gordura, 12% de na dieta resultavam em maior taxa de crescimento. Numa situação inversa, estes autores concordam com Hayashi et al. (2002) e Boscolo et al. (2005) que consideram que a excessiva disponibilidade de energia nas rações resulta em redução da digestão de proteínas e, consequentemente, de nutrientes essenciais, ocasionando o acúmulo de gorduras visceral e corporal. Por outro lado, a deficiência energética nas dietas induz à síntese de energia a partir de proteínas, piorando os índices de conversão alimentar, bem como o custo de produção (Lovell, 1998) e a excreção de amônia, tornando-se um potencial poluidor ambiental (PEZZATO et al., 2002). À semelhança destes autores, em estudo feito com os mesmos híbridos, Shiau (2002) constatou que 5% de na dieta aparentavam ser suficientes para satisfazer as exigências mínimas dos juvenis mas que a concentração de 12% favorecia ao crescimento máximo.

Além de energia, a gordura fornece ao animal os ácidos graxos essenciais à manutenção do metabolismo (NRC, 1993). No que se refere às exigências em ácidos graxos essenciais para as tilápias, as informações são contraditórias: O NRC (1993) recomenda 0,5% de ácido linoléico nas rações de tilápia do Nilo e não sugere nenhuma quantidade de ácido linolênico. Chou e Shiau (1999) e mais recentemente, Shiau (2002), em estudo envolvendo híbridos de tilápia (*O. niloticus* x *O. aureus*) demonstraram que tanto os ácidos graxos da série n-3 como da série n-6 são essenciais para um crescimento máximo destes animais. Chou et al. (2001) observaram baixo crescimento em híbridos de tilápia alimentados com dieta com 2% de óleo de fígado de bacalhau, rico em n-3, e ressaltam que esse baixo crescimento poderia ser devido ao excesso de ácidos graxos da série n-3. Os autores acrescentam que, por existir uma competição entre os ácidos graxos n-3 e n-6 na acumulação nos diferentes tecidos, é necessário um equilíbrio entre as quantidades totais destes a serem administradas para que haja o máximo crescimento em híbridos de tilápia. Estas contradições podem estar provavelmente relacionadas com a diferença entre as espécies de peixe utilizadas em cada um dos estudos.

Os ingredientes-teste: feijão e amendoim

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e o amendoim (*Arachis hypogaea*) são ambos grãos pertencentes à família Fabaceae de origem

sul-americana (SUASSUNA et al., 2006). Segundo os mesmos autores, o amendoim é cultivado em mais de 80 países nos dois hemisférios, principalmente nas regiões tropicais com temperaturas diúrnas entre 25 e 35° C e o feijão é cultivado em quase todos os continentes.

Em estudos para a avaliação química e nutricional do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foi constatado que os grãos crus possuem de 20 a 35% de proteína, dependendo dos tratamentos culturais e da cultivar (OLIVEIRA et al., 1999; TOLEDO & CANNIATTI-BRAZACA, 2008). Os mesmos autores observaram que o teor protéico do feijão é alto, porém, o valor nutritivo da proteína não é satisfatório por apresentar concentrações limitantes de alguns aminoácidos essenciais como os sulfurados (metionina e cistina) e o triptofano, além de apresentar inibidores de proteases, que são fatores antinutricionais que reduzem a digestibilidade das proteínas do feijão cru. Boateng et al. (2007) reconhecem que o feijão tem alto valor protéico e mineral e Fisher & Bender (1978) acrescentam que o feijão, diferentemente de outras leguminosas, apresenta-se como uma boa fonte de lisina e pode ser usado em substituição aos ingredientes de origem animal. Por outro lado, Costa et al. (2008), em trabalho sobre a alimentação de peixes usando o farelo de feijão da variedade rosinha, mencionam que o subproduto do processamento do feijão para o consumo humano tem potencial na formulação de dietas para animais. Os autores acrescentam que este material, composto por grãos amassados, quebrados ou fora do tamanho padrão para a comercialização, que muitas vezes é descartado, caracteriza-se como desperdício de matéria prima rica em nutrientes, com potencial na formulação de dietas para peixes onívoros, considerando os seus níveis de proteína bruta, energia bruta e fósforo.

Olvera-Novoa et al. (1997) em estudo sobre a eficiência de diferentes concentrações de ervilha (*Vigna unguiculata*) em substituição à farinha de peixe, concluíram que o concentrado de proteína de ervilha é um potencial ingrediente para o uso na produção de rações para tilápia. O crescimento máximo foi registrado com 40% de inclusão desta farinha e 100% de sobrevivência em todo o experimento. Os mesmos autores citam outros trabalhos onde a substituição de farinha de leguminosas pela de peixe foram um sucesso em várias espécies e peixe entre elas as tilápias. Em estudo semelhante, Azaza et al. (2009) avaliaram a possibilidade de usar a farinha de favas (*Vicia faba* L. var. *minuta*) em dietas práticas para juvenis de tilápia-do-Nilo, pelo aumento progressivo desta e não encontraram diferenças nas taxas de mortalidade, crescimento e conversão alimentar entre os tratamentos.

Nesse estudo, os autores encontraram apenas uma progressiva diminuição da digestibilidade aparente da matéria seca e das proteínas com o aumento da inclusão da farinha de feijão. Assim, concluíram que esta farinha pode ser incorporada até 24% na dieta para juvenis de tilápia-do-Nilo, correspondendo a 20% de redução da farelo de soja.

Quanto à composição nutricional do amendoim, Marques et al. (2007), em estudo sobre a substituição do amendoim pela soja na produção de paçocas para alimentação humana, concluíram que as proteínas do amendoim são pobres em metionina, treonina, lisina e triptofano. Suassuna et al. (2006) realçam o elevado teor de gordura, quantificado em 43,9% de gordura pela Tabela de Composição de Alimentos Brasileiros (TACO), (2006).

Tanto o amendoim como o feijão são deficientes em alguns aminoácidos, tendo em comum a metionina e o triptofano (MARQUES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 1999; WANG et al., 1999). Não obstante, as leguminosas representam o alimento de maior disponibilidade para as populações que vivem no meio rural na África e Ásia, chegando a suplementar cerca de metade das necessidades diárias de proteína recomendadas na dieta humana (FAO, 2004). Assim, segundo INFOSA (2009), resíduos destas culturas, bem como o excedente da produção, poderiam ser utilizados na fabricação de rações para criação extensiva de tilápia. Os resíduos seriam convertidos em proteína animal de alta qualidade para a população, uma vez que a produção de biocombustíveis induziu o aumento no preços dos alimentos oleaginosos, tal como a soja, limitando a expansão e os lucros da aquicultura em muitos países em desenvolvimento (AZAZA et al., 2009).

Fatores anti-nutricionais

O feijão possui fatores antinutricionais – antitripsina e antiqumiotripsina, que inibem a ação da tripsina e quimiotripsina e a lectinana, uma glicoproteína com capacidade de aglutinar glicoconjugados – que podem ser inativados durante a cocção (ANTUNES et al., 1995). Além das antiproteases, as fibras e os pró-oxidativos de , que na ausência ou deficiência de selênio ou vitamina E se tornam tóxicos para os peixes, podem também atuar como antinutrientes nas sementes de leguminosas (LOVELL, 1998). O ácido fítico, forma de armazenamento de fósforo nos grãos, também pode ser considerado como outro fator antinutricional do feijão, já que reduz a digestibilidade de proteínas e amido; entretanto, estudos revelam que a

maceração, germinação, fermentação ou cocção que favorecem a ativação da fitase, reduzem o teor de ácido fítico em grãos (OLIVEIRA et al., 2003).

Em estudo de Toledo & Canniatti-Brazaca (2008), ficou claro que ocorre redução no valor nutricional do feijão quando este é exposto a tratamentos térmicos. Contudo, a cocção (calor úmido) promove o rompimento da fibra alimentar destes grãos (celulose, hemicelulose, lignina, pectina e gomas), além de propiciar interações entre proteínas e , assim como a variação da composição total da fibra alimentar, tornando-a mais digestível. O mais importante deste tratamento térmico é, segundo os mesmos, autores a destruição e inativação dos fatores antinutricionais.

Em revisão bibliográfica sobre compostos nutricionais e fatores antinutricionais no feijão comum, Bonett et al. (2007) mencionam também a existências de compostos polifenólicos (especialmente taninos), presentes principalmente na casca das leguminosas, que podem influenciar na digestão das proteínas tanto, por inibição da atividade enzimática, como por reação com suas proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática. Silva & Silva (2000), em revisão sobre inibidores de proteases e lectinas, salientaram que os fatores antinutricionais do feijão cru têm efeitos nocivos complexos em animais no geral mas, segundo Bonett et al. (2007), podem ser eliminados ou atenuados com a cocção, tornando o feijão uma importante fonte protéica.

O amendoim, à semelhança do milho e das sementes de algodão, pode conter aflotoxinas, um tipo de micotoxina produzida pelo fungo *Aspergillus flavus*, com propriedades tóxicas e cancerígenas, que cresce em condições de temperatura e umidade elevadas (LOVELL, 1998). Ainda segundo Lovell (1998), as aflotoxinas podem causar, entre outras complicações, redução no crescimento, danos no fígado e decréscimo da imunidade, todavia estes efeitos deletérios podem ser minimizados com o uso de aditivo anti-bolor em ingredientes processados. Embora baixa, a presença de fatores antinutricionais no amendoim, tal como os fatores antinutricionais do feijão, pode ser eliminada pelo tratamento térmico (MARQUES et al. 2007). Silva & Silva (2000), em revisão de sobre fatores antinutricionais do amendoim para a alimentação humana, afirmam que não está comprovado o efeito nocivo dos inibidores de tripsina e quimotripsina, provavelmente presentes nos grãos crus do amendoim. Wang et al. (1999) por sua vez,

concluíram que a torrefação do amendoim é suficiente para inativar completamente o inibidor da tripsina.

Os desafios que enfrentam os produtores de tilápia no geral, e em particular os nutricionistas de tilápias nos países em desenvolvimento, relacionam-se com o comércio e custo efetivo dos ingredientes para a formulação de rações para a tilápia (EL-SAYED, 2006). Neste contexto, o presente estudo propõe investigar o potencial do feijão e do amendoim, produtos agrícolas produzidos na maioria das propriedades rurais em Moçambique, como possíveis ingredientes na formulação de ração artesanal para a criação extensiva da tilápia-do-Nilo. Buscar-se-á a definição do limite aceitável de inclusão das farinhas de feijão e/ou de amendoim na dieta de tilápia nilótica e sua influência sobre a digestibilidade dos nutrientes. A escolha da tilápia-do-Nilo para o presente estudo deve-se, entre outras razões, ao fato de ser amplamente conhecida e bem aceita como alimento humano em Moçambique, especialmente nas províncias do interior, sem acesso ao mar.

O estudo é apresentado na forma de artigo científico, obedecendo as normas da revista *Aquaculture Nutrition*, a qual será submetido para publicação.

Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o amendoim e o feijão, frequentemente produzidos nas pequenas propriedades de Moçambique, como ingredientes alternativos e fontes de nutrientes para elaboração de rações para a tilápia-do-Nilo.

Objetivo específico

Avaliar a digestibilidade da matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia do feijão cozido e amendoim torrado, bem como de diferentes proporções destes, na dieta da tilápia-do-Nilo.

ARTIGO CIENTÍFICO

Digestibilidade das Farinhas de Feijão e Amendoim pela Tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*

Nélia da Conceição Augusto Paul, Débora Machado Fracalossi, Maria do Carmo Gominho Rosa, Dariane Schoffen Enke, Edemar Roberto Andreatta, Maude Regina de Borba*

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Aquicultura, Rodovia Admar Gonzaga, nº1346, 88034-001 Florianópolis, SC, Brasil

*Autor para correspondência deboraf@cca.ufsc.br
Tel./Fax: +55 48 3389 5216

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*; aquicultura extensiva; amendoim; feijão; digestibilidade

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade das farinhas de amendoim torrado e feijão cozido para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Avaliaram-se os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de uma ração referência semipurificada com 32% de proteína bruta (PB) e rações experimentais com 69,5% da dieta-referência, 0,5% de óxido de cromo III como marcador inerte e 30% dos ingredientes-teste, nas combinações: 0A(amendoim):100F(feijão); 25A:75F; 50A:50F; 75A:25F; 100A:0F%. O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados, com três repetições no tempo. Machos com $285,82 \pm 60,00$ g, foram distribuídos em 6 tanques cilíndrico-cônicos, com recirculação de água, filtragem mecânica e biológica, aeração e temperatura controlada ($28 \pm 1^\circ\text{C}$). Os peixes foram alimentados uma vez ao dia, a 3% da sua biomassa. As fezes começavam a ser recolhidas duas horas após o arraçoamento, três vezes ao dia a cada seis horas. Os percentuais de PB, matéria seca (MS), energia bruta (EB) e extrato etéreo (EE) assim como os CDA da PB, MS e EB, aumentaram conforme se aumentou o conteúdo de farinha de amendoim nas rações. Os resultados sugerem que a farinha de amendoim torrado é mais indicada para a produção de rações de alta digestibilidade para a tilápia do que a de o feijão.

Introdução

A tilápia-do-Nilo (*Oriochromis niloticus*) é nativa de África (Lovell 1998) e representa a espécie de peixe de água doce mais importante na aquicultura mundial devido a sua rusticidade (El-Sayed 2006), hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, facilidade de reprodução em cativeiro, potencial econômico e preço competitivo (Boscolo *et al.* 2002). Estas características resultam em custos de produção bem abaixo daqueles praticados para espécies carnívoras e tornam a tilápia-do-Nilo apropriada para piscicultura de subsistência em países tropicais. Os desafios enfrentados na produção de tilápia, em particular nos países em desenvolvimento, relacionam-se justamente ao comércio e custo efetivo de ingredientes que possibilitem a formulação de rações economicamente eficientes (El-Sayed 2006). A ciência tem apostado em alguns ingredientes alternativos que contornem o problema dos altos custos de produção.

Os resíduos e excedentes de leguminosas poderiam ser utilizados como matéria-prima na formulação de dietas para peixes onívoros, sendo convertendo em proteína animal de alta qualidade (INFOSA 2009). Os grãos crus de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apesar da presença de fatores antinutricionais (Boateng *et al.* 2007) apresentam um alto valor protéico e mineral. Segundo e Fisher & Bender (1978) o feijão é uma boa fonte de lisina e pode ser usado em substituição aos ingredientes de origem animal. O amendoim, por outro lado, é pobre em lisina (Marques *et al.* 2007), mas é uma excelente fonte de energia devido ao seu elevado teor de gordura (Suassuna *et al.* 2006 e TACO 2006).

O objetivo deste estudo foi investigar a digestibilidade de diferentes proporções das farinhas de amendoim e feijão, visando sua utilização como ingredientes protéicos alternativos para a produção de ração artesanal para tilápia-do-Nilo.

Material e Métodos

Delineamento e condições experimentais

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições no tempo. Machos de tilápia-do-Nilo obtidos de um produtor local (Fundação 25 de Julho-Joenville), foram previamente aclimatados às condições experimentais. Neste período os

peixes receberam ração comercial contendo 36% de proteína bruta (Halver & Hardy 2002). Grupos de seis peixes com peso médio de $285,80 \pm 60,00$ g foram estocados em seis tanques cilindro-cônicos com capacidade para 200 L, acoplados a um sistema fechado de recirculação de água com filtro mecânico e biológico e aeração artificial. A água foi mantida entre 27 e 29° C e o oxigênio acima de 50% de saturação, por meio do ajuste de aeração e renovação de água 2,5 L/min, o pH entre 5,0 e 6,5 e a amônia total abaixo de $0,24 \text{ mg L}^{-1}$, conforme recomendação de Popma e Lovshin (1994). A temperatura e o oxigênio foram monitorados diariamente enquanto que as demais variáveis, três vezes por semana. Os peixes foram mantidos sob fotoperíodo de 12 h.

Preparação dos ingredientes, formulação e confecção das dietas

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das farinhas de amendoim torrado (A) e de feijão cozido (F), em diferentes proporções (peso seco/peso seco): 0A:100F, 25A:75F, 50A:50F, 75A:25F e 100A:0F. Para a obtenção da farinha, o feijão *in natura* foi previamente submetido a uma série de procedimentos para a redução dos fatores antinutricionais, conforme recomendado por Oliveira *et al.* (1999) e Toledo & Canniatti-Brazaca (2008). Os grãos foram imersos em água por cerca de 24 h, com troca de água a cada seis horas. Em seguida, foram cozidos por cerca de 90 minutos, à aproximadamente 100° C (Silva e Silva 2000), até a redução total da água de cozimento, quando foram então levados para secar em estufa de circulação forçada de ar (55° C, por 24 h). Posteriormente, o feijão foi moído em moinho de lâminas à granulometria de 0,5 mm e armazenado em sacos plásticos em local fresco e seco até a sua utilização na confecção das dietas-teste. O amendoim torrado e granulado foi adquirido pronto e foi necessário peneirá-lo para se obter a farinha. Devido ao seu alto conteúdo de gordura só foi possível peneirar a uma granulometria de 1,0 mm. A farinha de amendoim torrado assim obtida foi armazenada a 2° C.

Exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo e composição dos ingredientes

Para a formulação das dietas-teste foram recolhidas informações sobre as exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo (Tab.1). A prioridade era satisfazer as necessidades aminoacídicas e energéticas.

Tabela 1. Composição nutricional das farinhas de amendoim torrado e feijão cozido e exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo.

Nutriente	Amendoim torrado ¹	Feijão cozido ¹	Exigência na dieta ²
Umidade, %	4,72	6,22	
Energia bruta, kcal/kg <i>base úmida</i>	5.558,30	4.215,83	(2.900)
Proteína bruta, % <i>base seca</i>	34,62	24,69	32 (28)
<i>Aminoácidos, % base seca</i>			
Arginina	4,17	1,92	1,18
Histidina	1,02	0,98	0,48
Isoleucina	1,09	1,27	0,87
Leucina	2,5	2,2	0,95
Lisina	0,92	1,61	1,43
Metionina + Cistina	0,53	0,47	0,90
Fenilalanina + Tirosina	3,00	2,59	1,55
Treonina	0,84	1,01	1,05
Tryptofano	NA ³	NA ³	0,28
Valina	1,37	1,49	0,78
<i>Gordura, % base seca</i>	47,22	1,49	-
Ácido graxo n-3, %	NA ³	NA ³	-
Ácido graxo n-6, %	NA ³	NA ³	0,5-1,0
Fibra bruta, % <i>base seca</i>	4,07	11,24	3-5
Matéria mineral, % <i>base seca</i>	3,95	2,66	-

¹Valores analisados, ²NRC (1993), ³Não analisados, () Digestível.

Os resultados das análises para a determinação dos teores de matéria seca, cinzas, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente ácido e energia bruta do feijão cozido e do amendoim torrado, bem de como algumas análises dos ingredientes da dieta-referência encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição centesimal dos ingredientes utilizados nas dietas-teste e de ingredientes da dieta-referência.

Ingredientes	Matéria seca	Matéria mineral	Proteína bruta	Extrato etéreo	Fibra em detergente ácido	ENN ¹	Energia bruta
<i>Dieta-referência</i>			%				kca/kg
Albumina ²	91,49	-	86,77	-	-	-	-
Dextrina ³	97,01	0,08	-	-	-	99,12	-
Celulose microfina ³	97,13	0,10	-	-	99,90	-	-
<i>Dietas-teste</i>							
Amendoim ⁴	96,33	2,66	34,62	44,99	4,21	13,52	5.558
Feijão ⁵	93,93	3,95	24,69	1,40	11,64	58,32	4.216

¹Extrativo não nitrogenado = 100 – (proteína bruta + extrato etéreo + fibra em detergente ácido + matéria mineral).

²Izumi Indústria e Comércio Ltda (Guapirama, PR, Brasil).

³Rhoster Indústria e Comércio Ltda (Araçoiaba da Serra, SP, Brasil).

⁴Rapadura Guimarães (Santo Antônio da Patrulha, RS, Brasil).

⁵Ceralista Grão em Grão Ltda (Santo Amaro, SC, Brasil).

(-) Análises não realizadas.

Foi formulada uma dieta-referência isoenergética e isonitrogenada (Tabela 3), com o auxílio do aplicativo Super Crac 5.4 Windows versão CracWin5.exe (TD Software Ltda, Viçosa/MG, Brasil), para conter 32% de proteína bruta, 6% de extrato etéreo e 3.200 kcal/kg de energia metabolizável estimada, calculada utilizando-se os valores fisiológicos padrão de 4 kcal/g de carboidrato ou proteína e 9 kcal de lipídio (Lee & Putnam 1973). Foram produzidas cinco rações experimentais (Tabela 3), compostas por 69,5% da dieta-referência, 0,5% de óxido de cromo III (Cr₂O₃), como marcador inerte, e 30% dos ingredientes teste (Cho e Slinger 1979) em diferentes proporções. As necessidades protéicas da tilápia, depende, de entre outros factores, da fonte protéica e conteúdo energético (El-Sayed 2002) e Lee e Putnam (1973) recomendam um equilíbrio na relação energia/proteína das dietas para uma melhor análise da conversão alimentar.

Tabela 3. Formulação (base seca) e composição proximal das dietas referência e experimentais. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Ingredientes (%)	Dietas ⁷					
	Referência	0A:100F	25A:75F	50A:50F	75A:25F	100A:0F
Albumina	36,8	25,70	25,70	25,70	25,70	25,70
Dextrina	38,2	26,68	26,68	26,68	26,68	26,68
Celulose microfina	10,0	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98
Óleo de soja ¹	4,50	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Óleo fígado bacalhau ²	1,50	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Premix ³	3,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Premix macromineral ⁴	5,50	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Cr ₂ O ₃	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Farinha de feijão ⁵	-	30,0	22,50	15,00	7,50	-
Farinha de amendoim ⁶	-	-	7,50	15,00	22,50	30,00
<i>Análise proximal (%)⁵</i>						
Matéria seca	94,32	92,80	93,76	93,43	92,63	92,18
Proteína bruta	31,89	31,40	32,01	32,65	33,59	33,82
Extrato etéreo	6,03	5,09	8,65	11,82	14,83	16,83
Energia bruta, kcal kg ⁻¹	4.664	4.639	4.856	5.048	5.196	5.351
EB:PB ⁶ , kcal g ⁻¹	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16

¹ Caramuru Alimentos (Itumbira/GO, Brasil)

² Delaware Ltda (Porto Alegre/ RS, Brasil).

³ Premix vitamínico e micromineral. Nutron Alimentos (Toledo, PR, Brasil), composição kg⁻¹ de produto: ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 5.000 mg, antioxidante 0,6 g, biotina 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2.000 mg, colina 75.000 mg, ferro 13.820 mg, iodo 100 mg, manganês 3.750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina (vit.) A 1.000.000 UI, vit. B₁ 1250 mg, vit. B₁₂ 3.750 mg, vit. B₂ 2.500 mg, vit. B₆ 1.785 mg, vit. C 42.000 mg, vit. D₃ 500.000 UI, vit. E 20.000 UI, vit. K 35.000 mg, zinco 17.500 mg.

⁴ Fosfato bicálcico 454 g, sulfato de potássio 297 g, cloreto de sódio 174 g, sulfato de magnésio 75 g.

⁵ A composição proximal das proporções foi calculada com base na análise proximal dos ingredientes puros.

⁶ PB=proteína bruta e EB=energia bruta.

⁷ A=Farinha de amendoim torrado, F=Farinha de feijão cozido.

Para proporcionar uma mistura homogênea do óxido de crômio nas dietas, foi realizada uma pré-mistura entre este e os demais ingredientes secos, conforme detalhado em Oliveira-Filho & Fracalossi (2006). A esta pré-mistura foram gradualmente adicionados os ingredientes líquidos até a obtenção de uma mistura homogênea, que passou por um moedor de carne elétrico (Lieme, EMC-7/8, RS, Brasil), produzindo péletes com diâmetro de 5 mm. Os péletes foram desidratados por 24 h em estufa de ar forçado a 55° C (Tecnal, TE – 394/3, SP, Brasil), quebrados em 3 a 5 mm de comprimento e posteriormente conservados em sacos plásticos a -20° C até o arraçoamento.

Arraçoamento e coleta das fezes

Os peixes foram alimentados uma vez ao dia (3% do peso vivo), sendo aliquotas da dose diária oferecida a cada 10 min, entre as 1500 e as 1700 h. A quantidade de ração a ser administrada foi definida no período de aclimação, quando os peixes eram alimentados até a saciedade aparente com uma dieta comercial de 32% de proteína bruta. Após esse período, para cada unidade experimental foi atribuída, aleatoriamente, em cada uma das repetições, uma das seis dietas do experimento. Durante os quatro dias que antecediam a coleta das fezes, os peixes eram adaptados às novas dietas experimentais.

Duas horas após a alimentação diária, as unidades experimentais eram limpas. Inicialmente as paredes eram lavadas com uma esponja e seguia-se a descarga de cerca de 70% da água. Para que a água fosse completamente renovada, procedia-se a descarga ao mesmo tempo que entava água limpa, ambas com uma vazão aproximada de 2,5 L/min. Por fim, enchiam-se os tanques e iniciavam-se as coletas das fezes. A coleta de fezes foi feita por sedimentação em tubos plásticos de 50 mL acoplados ao fundo dos tanques, os quais permaneciam dentro de caixas de isopor com gelo para diminuir a ação bacteriana nas fezes. Os tubos eram trocados três vezes por dia, em intervalos de seis horas. Após a coleta, os tubos com as fezes eram centrifugados a $1.148 \times g$ por cinco minutos. O sobrenadante era descartado, o precipitado distribuído em placas plásticas e seco em estufa a 50 °C por 12 h. As fezes secas eram armazenadas a -20°C em para posterior análise.

Métodos analíticos e cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA)

As análises das dietas e das fezes seguiram metodologia padrão (AOAC 1999). Foi feita a análise da matéria seca pelo método gravimétrico a 105° C, até peso constante. A análise da proteína bruta seguiu o método de Kjeldahl e o extrato etéreo foi analisado pelo método de Soxhlet com o uso do éter etílico anidro. Na análise do crômio III foi usado o método de s-difenilcabazida. A fibra em detergente ácido foi determinada somente nos ingredientes-teste. A energia foi determinada em bomba calorimétrica. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (proteína bruta e extrato etéreo) e energia das dietas referência e experimentais foram calculadas usando as fórmulas descritas por Luo *et al.* (2009):

$$CDA(\%) = 100 - \left(100 \times \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutriente nas fezes}}{\% \text{ nutriente na dieta}} \right) \right)$$

E para o CDA da matéria seca das rações foi usada a fórmula segundo mencionado por Belal (2005):

$$CDA(\%) = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \right)$$

Os CDA dos nutrientes dos ingredientes-teste foram calculados baseando-se na diferença entre as digestibilidades das dietas referência e experimentais, conforme sugestão de Bureau *et al.* (1999):

$$CDA (\%)_{ing} = CDA_{dt} + ((CDA_{dt} - CDA_{ref}) \times \left(\frac{0.7 \times D_{ref}}{0.3 \times D_{ing}} \right))$$

Onde:

- CDA_{ing} – coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente;
- CDA_{dt} – coeficiente de digestibilidade aparente das dietas-teste;
- CDA_{ref} – coeficiente de digestibilidade aparente da dieta-referência;
- D_{ref} – nutriente (%) ou energia (kcal kg⁻¹) da dieta-referência;
- D_{ing} – nutriente (%) ou energia (kcal kg⁻¹) do ingrediente.

Custo do nutriente digestível

Foi realizado um levantamento informal dos preços do amendoim e do feijão comercializados nos mercados públicos da cidade de Maputo, capital de Moçambique, com o intuito de estimar os custos dos nutrientes digestíveis nas diferentes proporções avaliadas das farinhas de amendoim torrado e feijão cozido. Os preços locais foram convertidos em dólares americanos.

Análise estatística

O teste de Bartlett foi aplicado aos dados para testar a homogeneidade das variâncias (Zar 2010). Após a confirmação de que todas as variâncias eram estatisticamente iguais, os CDAs das três repetições no tempo de cada ingrediente e as diferentes misturas destes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para fator único, em delineamento em blocos casualizados, seguida pelo teste de Tukey, quando necessário. Os valores foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão. O nível de significância de 5% foi adotado em todos os testes.

Resultados e Discussão

Houve aumento significativo na digestibilidade da matéria seca, energia e proteína com o aumento da participação do amendoim torrado na mistura dos ingredientes-teste. Por outro lado, a digestibilidade da gordura foi menor com o incremento da farinha de amendoim na mistura. O maior conteúdo de gordura e proteína na farinha de amendoim torrado em relação à farinha de feijão cozido, aliado ao menor conteúdo de carboidratos, são, provavelmente, responsáveis pelas diferenças observadas. Isto indica que os CDA da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta foram significativamente afetados pela proporção entre as farinhas de amendoim torrado e feijão cozido (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) da energia e nutrientes selecionados das farinhas de amendoim torrado, feijão cozido e diferentes proporções de ambas, para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)¹.

Dietas- teste ²	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)			
	Matéria seca	Proteína bruta	Extrato etéreo	Energia bruta
0A:100F	57,01 ± 1,71 ^c	71,84 ± 0,69 ^c	115,02 ± 9,44 ^a	61,95 ± 0,85 ^c
25A:75F	59,51 ± 2,73 ^c	76,89 ± 2,52 ^c	92,66 ± 3,32 ^b	66,04 ± 2,45 ^b
50A:50F	70,89 ± 2,99 ^b	85,04 ± 4,15 ^b	90,84 ± 1,45 ^b	71,06 ± 2,22 ^a
75A:25F	73,44 ± 1,83 ^{ab}	89,69 ± 1,27 ^{ab}	87,84 ± 2,35 ^b	71,28 ± 2,17 ^a
100 ^a :0F	76,05 ± 1,15 ^a	94,46 ± 0,63 ^a	87,99 ± 3,67 ^b	74,93 ± 1,08 ^a
Referência	83,68 ± 0,56	96,84 ± 0,28	94,08 ± 0,48	86,36 ± 0,38

¹Os valores são apresentados como média ± desvio padrão de três repetições no tempo. Valores na mesma coluna seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

² A = amendoim torrado e F=feijão cozido (ver texto para detalhes sobre o processamento destes ingredientes).

O conteúdo de gordura da farinha de amendoim torrado é aproximadamente 3 vezes maior que o da farinha de feijão cozido (5,09% *versus* 16,83%, Tabela 3), o que pode explicar a maior digestibilidade da matéria seca, proteína e energia das dietas com maior proporção de farinha de amendoim torrado. Cabe salientar que a maior digestibilidade da gordura ocorreu na dieta 0A:100F (115,02%, Tabela 4), que não incluiu a farinha de amendoim torrado e, conseqüentemente, apresentou o menor conteúdo em gordura entre as dietas-teste (5,09%, Tabela 3).

Valores de CDA superiores a 100% são ocasionalmente observados em estudos de digestibilidade (Allan *et al.* 2000, Sales e Britz 2002), sendo atribuídos a: a) erro na determinação de um nutriente, cujo valor é utilizado nos cálculos para estimar os CDA; b) a interações entre os nutrientes dos ingredientes-teste e aqueles da dieta-referência ou, ainda; c) a lixiviação diferencial de alguns nutrientes dos ingredientes. O alto valor de digestibilidade da gordura (115,02%) na dieta 0A:100F sugere que o conteúdo de gordura desta dieta-teste

(5,09%) foi provavelmente baixo para a tilápia nas condições e tamanho do experimento, uma vez que, segundo Shiau (2002), 5% de lipídios na dieta aparentam ser suficientes para as necessidades básicas da tilápia na fase juvenil, mas o nível de 12 % é necessário para um crescimento máximo. Esta situação poderá, provavelmente, ter propiciando que a gordura presente na dieta-referência fosse prontamente utilizada pelos peixes.

A digestibilidade da matéria seca do feijão foi significativamente inferior àquela observada para a farinha de amendoim (57,01% *versus* 76,05%, Tabela 4). Novamente, o alto conteúdo de gordura da farinha de amendoim foi, provavelmente, responsável por esta diferença já que a digestibilidade da energia foi significativamente superior nas dietas com a maior proporção de farinha de amendoim.

Apesar do aumento da digestibilidade da matéria seca, proteína e energia com o aumento da farinha de amendoim na mistura e consequente aumento no conteúdo de gordura das dietas, a tilápia, assim como outras espécies onívoras, não se beneficia com dietas altamente concentradas em gordura, já que estas promovem um acúmulo indesejável de gordura na carcaça (Hanley 1991). Por esta razão, o conteúdo de gordura de dietas comerciais para peixes onívoros dificilmente ultrapassa 10% (Wilson 1998). O acúmulo de gordura corporal resultará em menor rendimento em filé, bem como a redução da vida de prateleira deste. Entretanto, a realização de um ensaio de crescimento, onde fosse testado o efeito da inclusão crescente da farinha de amendoim torrado no desempenho reprodutivo e composição corporal da tilápia, seria necessário para testar esta hipótese.

Foi verificada adiminuição do CDA da proteína com a inclusão da farinha de feijão na mistura dos ingredientes-teste, sugerindo que os aminoácidos presentes na farinha de feijão tenham menor valor biológico para a tilápia quando comparados àqueles da farinha de amendoim torrado. Entretanto, é necessária a avaliação da digestibilidade dos aminoácidos das duas fontes proteicas, bem como das diferentes proporções, para testar esta hipótese.

A farinha de feijão cozido possui conteúdo bem mais elevado de extrativos não nitrogenados que a farinha de amendoim cozido (11,64% *versus* 4,21%, Tabela 2). Esta fração da composição proximal inclui principalmente carboidratos digestíveis, além de polissacarídeos não amiláceos. A dificuldade dos peixes em utilizar a energia contida no carboidrato é reconhecida (Hemre *et al.*, 2002), apesar dos mecanismos

fisiológicos ainda não estarem completamente elucidados (Enes *et al.*, 2009). Portanto, a menor digestibilidade da energia apresentada pelas dietas 0A:100F e 25A:75F provavelmente resulta do aumento no conteúdo em carboidrato e da diminuição no conteúdo em gordura, quando aumentada a proporção de farinha de feijão cozido na mistura.

No presente trabalho, não foram determinados os fatores antinutricionais nas farinhas de amendoim torrado e feijão cozido. Entretanto, o processamento dos grãos utilizados nas dietas experimentais foi realizado justamente para atenuar o efeito prejudicial dos fatores antinutricionais. Adamidou *et al.* (2009) obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo ao avaliar a digestibilidade de diferentes proporções de leguminosas para o robalo europeu, *Dicentrarchus labrax*. A digestibilidade da proteína na dieta com 15% de farinha de feijão fava (*Vicia faba*) foi mais alta que aquela apresentada quando 30% de feijão foi incluído. Os autores ressaltaram ainda que o feijão fava apresentou o dobro da quantidade do antinutriente tanino em relação às demais leguminosas analisadas. Ao analisar a digestibilidade de três ingredientes protéicos de origem vegetal para o *Synechogobius hasta* Lou e colaboradores (2009) concluíram que a digestibilidade da proteína do amendoim foi maior do que a apresentada pela farinha de soja. Estes autores salientaram ainda que o amendoim é um ingrediente vegetal potencial para utilização em rações na aquicultura, pois contém menos fatores anti-nutricionais (Silva e Silva, 2000), o que favoreceria a digestibilidade de seus nutrientes relativamente ao feijão.

Estudos realizados pela nossa equipe sobre a relação carboidrato:lipídio ótima na dieta de peixes onívoros (Borba *et al.*, 2006 e Moro *et al.*, 2010) sugerem que há melhora no desempenho em crescimento e/ou utilização da proteína dietética com o aumento da concentração de até uma concentração ótima, mas que concentrações mais elevadas levam a um acúmulo indesejável de gordura. Resultados similares foram relatados por Suárez *et al.* (1995) e Nankervis *et al.* (2000) com a enguia europeia e barramundi, respectivamente, também onívoros.

Os resultados demonstram também que, apesar do custo por quilograma do amendoim *in natura* (1,45 USD/kg) ser mais elevado do que o do feijão (1,29 USD/kg), à medida que se aumenta a proporção da farinha de amendoim e se diminui a de feijão nas proporções, o custo diminui (Tabela 5). Isto deve-se à maior percentagem de matéria seca, proteína bruta e energia bruta do amendoim, aliadas aos seus maiores coeficientes de digestibilidade aparente em relação ao feijão.

Tabela 5: Custo aproximado da matéria seca, proteína e energia digestíveis dos ingredientes e das diferentes proporções (% amendoim: % feijão)¹.

Ingredientes e misturas	Custo MS (USD)	Fração digestível			Custo / kg MS digestível		
		Proteína	Matéria seca	Energia	Proteína	Matéria seca	Energia
		%		kcal/kg		USD	
0A : 100F	1,55	17,74	53,46	2784,97	8,73	2,90	0,06
25A : 75F	1,54	20,89	56,03	3189,67	7,18	2,68	0,05
50A : 50F	1,54	25,22	67,02	3669,79	5,75	2,17	0,04
75A : 25F	1,53	28,83	69,70	3919,69	4,87	2,01	0,04
100A : 0F	1,35	32,70	72,46	4370,99	4,14	1,87	0,03

¹Custos dos ingredientes *in natura* avaliados nos mercados da cidade de Maputo, Moçambique (USD): amendoim (1,45); feijão (1,29).

Conclusão:

Considerando-se os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes dos ingredientes avaliados neste estudo, seria mais vantajoso utilizar uma proporção maior de farinha de amendoim para a produção de ração para a tilápia-do-Nilo. Todavia, estudos adicionais, avaliando o crescimento e utilização dos nutrientes, devem ser realizados para determinar a melhor proporção dos ingredientes aqui estudados em rações para a tilápia-do-Nilo.

Agradecimentos:

Ao projecto Southern Oceans Education and Development (SOED), da Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional (CIDA), o qual financiou este trabalho; aos docentes do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), SC, Brasil e ao Ministério das Pescas de Moçambique.

Bibliografia consultada

Adamidou, S., Nengas, I., Alexis, M., Foundoulaki, E., Nikolopoulou, D., Campbell, P., Karacostas, I., Rigos, G., Bell, G. J., Jauncey, K. (2009). Apparent nutrient digestibility and gastrointestinal evacuation time in european seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing different levels of legumes. *Aquaculture*. 289, 106–112

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

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1999) Official methods of analysis, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1141 p.

Belal, I. E. H. (2005) A review of some fish nutrition methodologies. *Bioresource Technology*, 96, 395-402.

Borba, M. R., Fracalossi, D. M. e Pezzato, L. E. (2006). Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture Nutrition*. 12, 183-191

Boateng, J., Verghese, M., Walker, L. T. e Ogotu, S. (2007). Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). *Food Science and Tcnology*. 41, 1541-1547

Boscolo, W. R.; Feiden, A.; Signor, A.; Signor, A. A.; Bard, J. J. & Ishida, F. A. (2002) Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 539-545.

Bureau, D. P., Harris, A. M. & Cho, C. Y. (1999) Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 180, 345–358.

Cho, C. Y. & Slinger, S. J. (1979) Apparent digestibility measurement in feedsuffs for rainbow trout. In: *Finfish Nutrition And Fishfeed Technology*, Anais, Berlim, 2, 239-247.

El-Sayed, A. F. M. (2006) Tilapia culture. Alexandria, Egypt: CABI Publishing. 293 p.

Enes, P., Panserat, S., Kaushik, S. & Oliva-Teles, A. (2009) Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 519–539.

Fisher, P. e Bender, A. (1978) Valor nutritivo de los alimentos. Editora LIMUSA. 205 p.

Halver, J. E. & Hardy, R. W. (2002) Fish nutrition. Academic Press. USA. 824p

Hanley, F. (1991) Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion, and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 93, 323–334.

Hemre, G-I., Mommsen T. P & Krogdahl, A. (2002) Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8, 175-194.

INFOSA, Fish Info Network. (2009) Plano de desenvolvimento da aquacultura de pequena escala para moçambique. Windhoek, Namíbia.

Lee, D. J. & Putnam, G. B. (1973) Response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *The Journal of Nutrition*, 103, 916-922

Longley, C.; Dominguez C.; Devji M. Agricultural Input Trade Fairs and Vouchers in Mozambique: Experiences and lessons learned. **ICRISAT/ODI**. Working Paper, 48 p. September 2005

Lovell, R. T. (1998) Nutrition and feeding of fish. 2. ed. Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers. 267 p.

Luo, Z., Li, X-D., Gong, S-Y. & Xi, W-q. (2009) Aparent digestibility coefficients of feed ingredients for *Synechogobius hasta*. *Aquaculture Research*, 40, 558-565.

Marques, T. A.; Marins-Neves, T. R.; Ramos, A. P. D. & Godinho, A. M. M. (2007) Soja substituindo amendoim na elaboração de paçocas. *Colloquium Agrarie*, 3, 14-18.

Moro, G. V., Camilo, R. Y., Moraes, G. & Fracalossi, D. M. (2010) Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture Research*, 41, 394-400.

Nankervis, L., Matthews, S.J. & Appleford, P. (2000) Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 191, 323-335.

National Research Council (NRC) (1993) Nutrient requirements of fishes. National Academic Press, Washington, DC. 102p.

Oliveira, A. D., Reis, S. M. P. M., Leite, E. C., Vilele, E. S. D., Pádua, E. A., Tassi, E. M. M., Cuneo, F., Jacobucci, H. B., Pereira, J., Dias, N. F. G. P., Gonzalez, N. B. B., Zinsly, P. F. (1999) Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Revista de Nutrição de Campinas*. 12(2), 191-195

Oliveira-Filho, P. R. C. E Fracalossi, D. M. (2006) Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 35, 2, 1581-1587

Popma, T.J.; Lovshin, L.L. (1994) Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Auburn: Auburn University, Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, 1994. 40p.

Sales, J., Britz, P. J. (2002) Evaluation of the reference diet substitution method for determination of apparent nutrient digestibility coefficients of feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae* L.). *Aquaculture*, 207, 113-123

Shiau, S. Y.(2002) Tilapia, *Oreochromis* spp. In: WEBSTER, C. D. e LIM, C (eds.). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CAB International, 2002, 418p.

Silva, M. R. & Silva, M. A. A. P. (2000) Fatores antinutricionais: inibidores de protease e lectinas. Revista de Nutrição, Campinas, SP, Brazil, 13, 3-9.

Suárez, M.D., Hidalgo, M.C., Garcia Galego, M., Sanz, A. & Higuera,M. (1995) Influence of the relative proportions of energy yielding nutrients on liver intermediary metabolism of the European eel. Comp. Biochem. Physiol., vol.111, pp.421–428.

Suassuna, T. M. F.,Suassuna, N. D., Albuquerque, F. A. (2006) Cultivo de amendoim. Embrapa algodão, Sistemas de produção. n. 7, ISSN 1678-10.

Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO). (2006) 2nd edn. NEPA-UNICAMP, Campinas, SP, Brazil. 113p.

Toledo, T. C. F. & Canniatti-Brazaca, S. G. (2008) Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 28, n. 2, p. 1-6.

Wilson, R. P. (1998). State of art of warmwater fish nutrition. In: Aquicultura Brasil'98, 1, 1998, Recife. *Anais...* Recife: SIMBRAQ, 1998, p. 375-380.

Zar, J. H. (2010) Biostatistical analysis, 5th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. 944 p.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C. & SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, l.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratá 1 e Rosinha G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 12-18, 1995.

AZAZA, M. S.; WASSIM, K.; MENSİ, F.; ABDELMOULEH, A.; BRINI, B.; KRAÏEM, M. M. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 287, p. 174-179, 2009.

BOATENG, J., VERGHESE, M., WALKER, L. T. E OGUTU, S. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **Food Science and Tcnology**. 41, 1541-1547. 2007.

BOMFIM, M. A. D., LANNA, E. A. T., DONZELE, J. L., ABREU, M. L. T., RIBEIRO, F. B., QUADROS, M. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações de alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.10, p. 1713-1720, 2008

BONETT, L. P.; BAUMGARTNER, M. S. T.; KLEIN, A. C.; SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências de Saúde da Unipar**. Umuarama, v. 11, n. 3, p. 235-246, 2007.

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A. A.; BARD, J. J.; ISHIDA, F. A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.

BOSCOLO, W. R., FEIDEN, A., BOMBARDELLI, R. A., SIGNOR, A., GENTELINI, A. L., SOUZA, B. E. Exigência de fósforo para alevinosde tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Science**. v. 27, n. 1. p. 87-91, 2005

CHOU, B. S.; SHIAU, S. Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*, **Aquaculture**, v. 143, p. 185-195, 1996.

CHOU, B. S.; SHIAU, S. Y. Both n-6 and n-3 fatty acids are required for maximal growth of juvenile hybrid tilapia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 61, p. 13-20, 1999.

CHOU, B. S.; SHIAU, S. Y.; HUNG, S. S. O. Effect of dietary cod liver oil on growth and fatty acids of juvenile hybrid tilapia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 63, p. 277-284, 2001.

COSTA, D. P.; MACHADO, L. C.; ALVARENGA, R. J. Farelo de feijão rosinha (*P. vulgaris*) na alimentação de peixes. In: VIEIRA, I.; COSTA, D. P. (Organizadores). **Anais da 2ª semana de aquicultura do CEFET-BambuÍ**, 2008.

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Alexandria, Egypt: CABI Publishing, 293p. 2006.

FAO. Annex 4 to study on the export marketing prospect of six selected Mozambican communities for the South African market. Report on beans. External Market Task Force – External Study No 3(4). Supported by the EC/FAO facility for provision of consulting services on the marketing management assistance project Mic/FAO/EL. 74 p. Republic of Mozambique. Maputo, March 2004.

FISHER, P.; BENRES, A. **Valor Nutritivo de los Alimentos**. EDITORA LIMUSA. 205 p. 1978.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

INFOSA, FISH INFO NETWORK. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura de Pequena Escala para Moçambique**. Windhoek, Namíbia. 2009

LONGLEY, C.; DOMINGUEZ C.; DEVJI, M. Agricultural Input Trade Fairs and Vouchers in Mozambique: Experiences and lessons learned. ICRISAT/ODI Working Paper, September, 48p. 2005.

LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding of fish.** 2^o Edition. Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 267.

MODADUGU, V. G. **Proposed Policies for Development of Aquaculture in Mozambique.** Editora: Commonwealth Secretariat. Enterprise and Agriculture Section Special Advisory Services Division Commonwealth Secretariat, Marlborough House, Pall Mall, London SW1Y 5HX, United Kingdom. 2005.

MARQUES, T. A.; MARINS-NEVES, T. R.; RAMOS, A. P. D.; GODINHO, A. M. M. Soja substituindo amendoim na elaboração de paçocas. **Colloquium Agrarie**, v. 3, n.1, p. 14-18, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MINAG) da República de Moçambique, Direcção Nacional de Pecuária. **Relatório Anual 2005**, Moçambique, Março de 62 p. 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Fishes.** Washington, DC: National Academic Press, 102p. 1993.

OLIVEIRA, A. D., REIS, S. M. P. M., LEITE, E. C., VILELE, E. S. D., PÁDUA, E. A., TASSI, E. M. M., CUNEO, F., JACOBUCCI, H. B., PEREIRA, J., DIAS, N. F. G. P., GONZALEZ, N. B. B., Zinsly, P. F. Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Revista de Nutrição de Campinas.** 12(2), 191-195. 1999.

OLIVEIRA, A. C., REIS, S. M. P. M., CARVALHO, E.M., PIMENTA, F. M. V., RIOS, K. R., PAIVA, K. C., SOUSA, L. M., ALMEIDA, M., ARRUDA, S. F. Adições crescentes de ácido fítico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição.** Campinas, v. 16, n. 2, p. 211-217, 2003.

OLIVERA-NOVOA, M. A.; PEREIRA-PACHECO, F.; OLIVERA-CASTILHO, L.; PERÉZ-FLORES, V.; NAVARRO, L.; SÁMANO, J. C. Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrates replacement for fish

meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. **Aquaculture**, v. 158, p. 106-117, 1997.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; FURUYA, W. M.; PINTO, L. G. Q.; BARROS, M. M.; ROSA, G. J. M. Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 901-907, 2002.

SHIAU, S. Y. Tilapia, *Oreochromis* spp. In: WEBSTER, C. D. e LIM, C (eds.). **Nutrient Requirements and feeding of finfish for Aquaculture**. CAB INTERNATIONAL. 418p. 2002.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Fatores Antinutricionais: inibidores de Protease e Lectinas. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SUASSUNA, T. M. F., SUASSUNA, N. D., ALBUQUERQUE, F. A. Cultivo de amendoim. **Embrapa algodão, Sistemas de produção**. n. 7, ISSN 1678-10. 2006

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO). 2nd edn. **NEPA-UNICAMP**, Campinas, SP, Brazil. 113p. 2006.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 2, p. 1-6, 2008.

WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; BORGES, G. G. Utilização do resíduo do leite de soja na elaboração de paçoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 7, p.1305-1311, 1999.

WEBSTER, C. D.; LIM, C.E. (eds.). **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. Wallingford Oxon, UK: CABI Publishing, 448 p. 2002.