



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

FARELO DE CRAMBE EM RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO

PAMELA SOUZA DE PIETRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFGD, Área de Concentração em Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados – MS
Maio/2013.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

FARELO DE CRAMBE EM RAÇÕES PARA TILÁPIA DO NILO

PAMELA SOUZA DE PIETRO

Bióloga

Orientador: Dr. Hamilton Hisano

Co-orientadora: Dra. Márcia Mayumi Ishikawa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFGD, Área de Concentração em Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados – MS
Maio/2013.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

639.3 Pietro, Pamela Souza de.
P626f Farelo de crambe em rações para tilápia do Nilo /
Pamela Souza de Pietro – Dourados, MS : UFGD,
2013.
73 f.

Orientador: Dr. Hamilton Hisano.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –
Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Tilápia (peixe) – Rações. 2. Alimento de peixe.
I. Título.

“Farelo de crambe em rações para tilápia do Nilo”

por

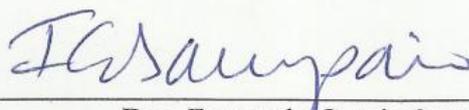
PAMELA SOUZA DE PIETRO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovada em: 02/05/2013



Dr. Hamilton Hisano
Orientador – EMBRAPA Agropecuária Oeste



Dra. Fernanda Garcia Sampaio
EMBRAPA Meio Ambiente



Profa. Dra. Márcia Regina Russo
UFGD/FCBA

BIOGRAFIA

PAMELA SOUZA DE PIETRO, filha de Maria de Fátima Souza de Pietro e Beloyannes Orengo de Pietro, nasceu em 04 de Outubro de 1984 na cidade de Cruz Alta, Rio Grande do Sul.

Em fevereiro de 2007 ingressou no curso de Ciências Biológicas – Licenciatura, pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, campos de Dourados/MS, colando grau em 25 de Janeiro de 2011.

Em Março de 2011 iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, área de concentração Produção Animal, atuando na linha de pesquisa de Produção e Nutrição de Organismos Aquáticos, sendo custeada pela bolsa CAPES.

VENCER é...

Transformar um sonho em objetivo escrito e mensurável.

Traçar cada meta e buscá-la sempre, até atingi-la.

Ter a esperança sempre renovada,
lembrando que o sol nasce todos os dias e para todos.

Ter um sentimento profundo de fé,
força e perseverança mesmo em momentos difíceis.

Saber transformar boa vontade em ações positivas
e realizadoras nas piores situações, dores e decepções.

Continuar caminhando quando o peso de caminhar só
ou mesmo contra a correnteza não consegue lhe parar.

**Lembrar sempre da pessoa especial que você é,
mesmo quando alguns não acreditam no que você pode e é capaz de fazer.**

(Flávio Souza)

A meus pais, meu alicerce, que me ensinaram valores tão nobres a respeito da vida,
exemplos dignos que sempre seguirei, pois me tornaram a pessoa que sou hoje!

A meus irmãos, pelo incentivo e amizade incondicional, pelas conversas, desabafos,
orientações e por todos os momentos felizes que compartilhamos juntos!

Todo meu amor e satisfação por essa conquista

DEDICO a vocês!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela família, saúde, por nunca ter permitido que eu me sentisse só, por ter me guiado e dado forças nos momentos difíceis durante o decorrer do mestrado. Obrigada por nunca ter desistido de mim!!

À minha família querida, pais e irmãos, que mesmo de longe, sempre estiveram presentes nos momentos ruins, me dando força e não permitindo que eu abandonasse o meu sonho e voltasse pra casa em momento algum!! Muita saudade sempre!! Amo vocês!!

A Márcia Mayumi Ishikawa, que se mostrou uma verdadeira mãe, se preocupando comigo e com todos do laboratório, pelo apoio de todas as horas, pela conduta exemplar que sempre demonstrou ter frente às adversidades, modelo de bondade e carinho, além dos ensinamentos valiosos para a elaboração deste trabalho;

Ao meu orientador, pela oportunidade;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período do mestrado;

A Embrapa Agropecuária Oeste, em especial ao Laboratório de Piscicultura, pelo espaço físico, pelos equipamentos e pela possibilidade de desenvolver este projeto;

A FUNDAÇÃO MS, pela doação do farelo de crambe;

Ao Sr. Ari Sgarbi, da Piscicultura Sgarbi, doador dos alevinos de tilápia, que sempre foi muito gentil e solícito em todos os contatos, tanto por telefone quanto pessoalmente;

Ao meu namorado, Baltazar Junior, por sempre torcer pelo meu sucesso, pelo companheirismo, paciência, por sempre estar ao meu lado quando precisei, me apoiando, me dando forças para continuar e pelas incontáveis vezes que me ajudou, principalmente nos finais de semana, para o desenvolvimento deste trabalho;

À amiga e companheira Bruna Luiza Guerrer, por dividir o dia a dia comigo, pelas conversas e inúmeras alegrias que compartilhamos juntas!!

Ao pessoal do laboratório que além da amizade sincera adquirida sempre me ajudaram de forma significativa e foram fundamentais em todas as etapas do experimento: José Luiz Pilecco (Zé), Juliana Simeão dos Santos (te adoro muito Juju!!), Aline Lopes, Glauber Possani (Gobe), Débora Marques, Marco Aurélio Della Flora, Maiane Pereira, Santiago de Pádua (Benits). Muito obrigada por vocês nunca terem me deixado na mão, com certeza esse trabalho também é de vocês!! A Bianca Tamporoski, pelos ensinamentos, conselhos, ombro amigo, ajuda em todas as horas e acima de tudo pela amizade... Te adoro Bia!!

Ao pessoal do Laboratório de análise de solos da Embrapa, Mario Kozima, Paulo Vitro, Wilian Silva, pelo apoio e ajuda nas análises; a equipe de apoio e manutenção, Donizete, João Carvalho e Altair, sempre dispostos a resolver qualquer problema!

As professoras Vanessa Menegatti e Bruna Parente, da UNIGRAN, que auxiliaram em algumas análises sanguíneas;

Aos amigos Rômulo Costa Junior e Francielen Maria Santi, que sempre me apoiaram desde a graduação, pela ajuda na primeira parte deste trabalho, pelo carinho e apoio nos momentos ruins, pelas risadas que me fizeram tão bem... pelo companheirismo leal enquanto estiveram perto!!

A Márcia Regina Silva e Dona Mercedes por sempre deixarem o ambiente de trabalho limpo e bem humorado com as risadas espontâneas do dia a dia;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFGD e seus professores, responsáveis pela minha formação;

A todos os meus amigos de perto ou longe, de graduação, de infância, as amizades que construí nesse tempo que estive aqui em Dourados, que contribuíram de alguma forma, seja em pensamento ou com uma palavra de conforto, para a realização desse trabalho e conclusão desse período tão especial e inesquecível em minha vida!!

Agradeço de coração!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT	xii
Capítulo I	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	3
2.2. Crambe (<i>Crambe abyssinica</i>).....	4
2.3. Fatores antinutricionais.....	5
2.3.1. Fitato.....	6
2.3.2. Glicosinolato	7
2.3.3. Compostos fenólicos - Tanino.....	9
2.3.4. Ácido Erúcico.....	10
2.4. Hematologia.....	11
2.5. Farelo de crambe na alimentação animal	12
3. REFERÊNCIAS	14
Capítulo II.....	24
Digestibilidade, desempenho e parâmetros sanguíneos de tilápias do Nilo alimentadas com farelo de crambe	25
RESUMO:.....	25
ABSTRACT:	26
Introdução.....	27
Material e métodos	28
Resultados e Discussão	32
Referências	45
Capítulo III.....	51

CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
APÊNDICE	54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos alevinos de tilápia do Nilo.....39
- Tabela 2.** Caracterização bromatológica, concentração de aminoácidos e fatores antinutricionais (fitato, glicosinolato e ácido erúxico) do farelo de crambe.....40
- Tabela 3.** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) do farelo de crambe.....41
- Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros de desempenho produtivo e índice hepatossomático de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de crambe em substituição a proteína do farelo de soja.....42
- Tabela 5.** Valores médios dos rendimentos de filé e carcaça e composição centesimal do filé de tilápia do Nilo submetidas a rações contendo níveis substituição do farelo de crambe pela proteína do farelo de soja (com base na matéria natural).....43
- Tabela 6.** Valores médios dos parâmetros sanguíneos de tilápia do Nilo submetidas a rações contendo níveis de substituição do farelo de crambe pela proteína do farelo de soja.....44

LISTA DE FIGURAS

APÊNDICE

- Figura 1.** Ensaio de digestibilidade. Animais alojados em gaiolas (70L) dispostas dentro de um tanque de fibra de vidro (1000L), com circulação contínua de água (a). Aquários de coleta de fezes (190L), com sistema de aeração por meio de pedra porosa acoplada a um aerador central, onde os peixes permaneciam até a manhã seguinte (b)..... 54
- Figura 2.** Ensaio de desempenho. Unidades experimentais totalizando 5 tanques (1000L) com 20 gaiolas (70L) (a). Destaque de um tanque onde eram posicionadas 4 gaiolas, sendo cada gaiola considerada uma repetição. 54
- Figura 3.** Sistema de recirculação de água para abastecimento dos tanques. Biofiltro mecânico e biológico (a). Trocador de calor para o controle de temperatura, com termostato digital (b). 55
- Figura 4.** Confeção das rações. Ingredientes moídos em peneira de 1,5 mm (a). Ingredientes homogeneizados e hidratados sendo peletizados em moinho de carne convencional, na forma de grânulos de diâmetro igual a 0,5 mm (b). 55
- Figura 5.** Procedimento para colheita sanguínea. Punção do vaso caudal (a) e acondicionamento do sangue em tubo de polipropileno (b). 56
- Figura 6.** Biometria dos animais. Pesagem inicial (a) e final (b). 56
- Figura 7.** Processamento dos filés para análise da composição centesimal. Filés inteiros (a), cortados (b) e dentro do recipiente pronto para triturar (c). Micro-moinho manual (d), trituração da amostra (e) e retirada para secagem e posterior análise (f). 57

RESUMO

Pietro, Pamela Souza de, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Maio de 2013, **Farelo de crambe em rações para tilápia do Nilo**. Orientador: Dr. Hamilton Hisano. Co-orientadora: Dra. Márcia Mayumi Ishikawa.

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se no cenário aquícola mundial por apresentar rápido crescimento, rusticidade e adaptação a rações baseadas em alimentos vegetais. Em função do incremento de preço e redução na oferta de alguns alimentos protéicos, potenciais substitutos estão sendo avaliados como as tortas e farelos de oleaginosas utilizadas para a produção de biodiesel. Nesse contexto, o farelo de crambe demonstra potencial para aplicação na alimentação de peixes por apresentar alto teor protéico, no entanto, possui alguns fatores antinutricionais que podem limitar sua inclusão na ração. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o potencial de inclusão do farelo de crambe em substituição à proteína do farelo de soja em rações para alevinos de tilápia do Nilo. Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Piscicultura da Embrapa Agropecuária Oeste. O primeiro ensaio avaliou os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, aminoácidos, energia, cálcio e fósforo do farelo de crambe. No segundo, foram avaliados o desempenho, rendimento corporal, composição centesimal do filé e parâmetros sanguíneos (hematológicos, bioquímicos e enzimáticos). Utilizou-se 140 alevinos de tilápia do Nilo ($6,04 \pm 0,25\text{g}$), que foram alojados em vinte unidades experimentais (70 L) distribuídas em cinco tanques circulares (1000 L), durante 80 dias. As rações foram formuladas com níveis de 0; 6,0; 12,0; 18,0 e 24,0% de farelo de crambe em substituição à proteína do farelo de soja, que corresponderam a 0; 4,44; 8,89; 13,33 e 17,75 % de inclusão, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados 12 peixes por tratamento para a avaliação dos parâmetros sanguíneos. Para o cálculo de rendimento de carcaça, filé e análise da composição centesimal do filé, cinco peixes por tratamento foram eutanasiados. Os peixes que receberam a ração com 24% de farelo de crambe apresentaram o menor ganho de peso diário ($p < 0,05$). A conversão alimentar dos peixes alimentados com os tratamentos 12 e 24% foi pior do que o tratamento 0% ($p < 0,05$). As rações 12, 18 e 24% de farelo de crambe proporcionaram menor taxa de eficiência protéica ($p < 0,05$). Os parâmetros sanguíneos de hemoglobina (Hb), concentração de hemoglobina

corpúscular média (CHCM), proteínas plasmáticas totais (PPT), glicose e atividade da enzima alanina aminotransferase (ALT) foram influenciadas pelos tratamentos e tiveram seus níveis aumentados. Conclui-se que o farelo de crambe apresenta boa digestibilidade da proteína e aminoácidos. A inclusão do farelo de crambe não interfere no rendimento de carcaça e filé e não altera sua composição química. A substituição de 6% do farelo de soja pelo farelo de crambe não prejudica o crescimento e não afeta os parâmetros hematológicos dos alevinos.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, desempenho, digestibilidade, *Oreochromis niloticus*, parâmetros sanguíneos.

ABSTRACT

Pietro, Pamela Souza de, Federal University of the Grande Dourados (UFGD), Dourados, May 2013, **Crambe meal in diets for Nile tilapia**. Advisor: Dr. Hamilton Hisano. Co-advisor: Dra. Márcia Mayumi Ishikawa.

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stands out in the world aquaculture scenario by presenting fast growth, rusticity and adaptation to vegetable based rations. Due to the price increasing and the reduction of the supply of some protein food, potential substitutes are being tested such as pies and bran of oilseeds used to biodiesel production. In this context, crambe meal shows potential to be used in fish feeding by presenting high protein content, however, there are some antinutritional factors which may limit its inclusion in the ration. This study aimed to evaluate the inclusion potential of the crambe meal in replacement to soybean meal protein in diets for Nile tilapia fingerlings. The studies were carried out in the Fish Culture laboratory at Embrapa Agropecuária Oeste. The first assay evaluated the apparent digestibility coefficient (ADC) of nutrients, amino acids, energy, calcium and phosphorus of crambe ration. The second, evaluated the performance, body yield, proximate composition of fillet and blood parameters (hematological, biochemical and enzymatic). It was used 140 Nile tilapia fingerlings ($6.04 \pm 0.25\text{g}$) that were housed in twenty experimental units (70L) distributed in five round tanks (1000L), during 80 days. The diets were formulated with levels of crambe meal in 0; 6.0; 12.0; 18.0 and 24.0% replacing the soybean meal, which corresponded to 0; 4.44; 8.89; 13.33; 17.75% of inclusion, respectively. The experimental design was totally randomized, with five treatments and four replicates. It was used 12 fish per treatment for the blood parameter evaluation. For calculation of carcass and fillet yield and analysis of proximate composition of fillet, five fish per treatment were euthanized. The fish treated with the diet with 24% of crambe meal showed less diary weigh gain ($p < 0.05$). The feed conversion of the fish fed with the 12 and 24% treatment was worse than the 0% treatment ($p < 0.05$). the rations with 12, 18 and 24% of crambe meal provided lower ratio of protein efficiency ($p < 0.05$). The blood parameters of hemoglobin (Hb), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), total plasma protein (TPP), glucose and enzyme alanine aminotransferase activity (LTA) were influenced by the treatments and they had their levels increased. It was concluded that the crambe meal shows good protein and amino acid digestibility. The inclusion of crambe meal does not interfere in the carcass and fillet yield and it does

not change its chemical composition. The replacement of 6% of the soybean meal for the crambe meal does not affect the growth and the hematological parameters of the fingerlings.

Keywords: blood parameters, *Crambe abyssinica*, digestibility, *Oreochromis niloticus*, performance.

Capítulo I

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No biênio 2007-2009, a aquicultura continental registrou expressiva evolução (43,8%), tendo superado atividades pecuárias tradicionais como a avicultura, suinocultura e bovinocultura (BRASIL, 2010). Dentre as espécies cultivadas, a tilápia se destaca no cenário nacional, e em 2010, foi a mais produzida (155.450,8 t), representando 39,4% do total da produção aquícola (BRASIL, 2012).

O sucesso da produção de animais confinados exige o fornecimento de rações balanceadas para suprir as exigências nutricionais e promover melhores respostas zootécnicas. Além disso, deve-se garantir que esta atividade economicamente viável, visto que os gastos com a alimentação podem corresponder até 70% da produção, devido à proteína corresponder ao principal nutriente e mais oneroso da ração (Tacon, 1993).

O uso de coprodutos da agroindústria é uma opção viável para compor rações para organismos aquáticos, desde que apresente produção escalonada contínua e preço competitivo (Hisano e Portz, 2007). Nesse sentido, o crambe (*Crambe abyssinica*), merece destaque por apresentar grande potencial para a produção de biodiesel e geração de coprodutos para alimentação animal, além de ser uma cultura de baixo custo (Pitol, 2008).

Por outro lado, a insuficiência de informações sobre a composição e qualidade nutricional das tortas e farelos resultantes do processamento para obtenção do óleo, tem ocasionado subaproveitamento desses coprodutos que podem ser potencialmente aplicados na alimentação de diversas espécies de animais (Cabral et al., 2011).

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo geral avaliar a viabilidade de inclusão do farelo de crambe como fonte protéica em substituição à proteína do farelo de soja na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo, e por objetivos específicos caracterizar a composição bromatológica do farelo de crambe; determinar os níveis digestíveis dos nutrientes, energia, minerais e aminoácidos, pelo ensaio de digestibilidade aparente; avaliar o desempenho produtivo, o rendimento de carcaça e filé e a composição centesimal do filé e avaliar o estado de saúde por meio de respostas hematológicas, bioquímicas e enzimáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Tilápia é a designação geral referente a um grupo de ciclídeos composto por três principais gêneros (*Oreochromis*, *Sarotherodon* e *Tilapia*) de interesse para a aquicultura, todos procedentes da África. Estes gêneros diferem principalmente em relação ao comportamento reprodutivo, sendo o *Oreochromis* o mais produzido fora do lugar de origem (Popma e Masser, 1999). Calcula-se que mais de 20 espécies de tilápia são cultivadas no mundo, especialmente nos países que apresentam clima tropical e subtropical, porém destacam-se como as mais produzidas comercialmente a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia azul (*O. aureus*), tilápia Zanzibar (*O. hornorum*), tilápia do Congo (*T. rendalli*), *O. galilaeus* e a *Tilapia zillii* (El-Sayed, 2006).

No Brasil, os primeiros indivíduos de tilápia do Nilo, provenientes da Costa do Marfim, foram introduzidos na década de 70 (Watanabe et al., 2002) no município de Pentecoste, Ceará, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca, DNOCS (Moreira et al., 2007).

A tilápia se destaca como a espécie exótica mais produzida nacionalmente por apresentar resistência à doenças, tolerância à baixa qualidade de água (alta temperatura, baixo oxigênio dissolvido e teor elevado de amônia) e hábito alimentar onívoro (Popma e Lovshin, 1995; Popma e Masser, 1999). Além disso, adapta-se muito bem a produção intensiva e aceita rações com grande facilidade em todas as fases do cultivo (Boscolo et al. 2001). As características morfofisiológicas, como dentes faríngeos, pH estomacal baixo (menor que 2) e intestino longo possibilita esta espécie utilizar ingredientes de origem vegetal, com alto teor de fibra (Maina et al., 2002). De acordo com Furuya et al. (2010) a tilápia do Nilo consegue aproveitar com eficiência o amido como fonte de energia.

Com relação ao interesse comercial, Souza e Maranhão (2001) relatam que as excelentes características sensoriais da carne da tilápia como cor branca e textura firme, proporcionam boa aceitação do filé pelos consumidores. Outra característica importante é que a carne não possui espinha intramuscular em “Y” (Souza, 2002).

No Brasil existem algumas linhagens geneticamente melhoradas como a tilápia tailandesa, a GMT (Genetically Male Tilápia) e a GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia). Esta última foi produzida nas Filipinas e, por meio de um convênio com a Worldfish Center, em 2005 foram introduzidas 30 famílias da linhagem GIFT no país,

fato este considerado um marco inicial na história do programa de melhoramento genético, tendo a Universidade Estadual de Maringá, apoiada pelo Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA), como entidade nucleadora (Resende et al., 2010). A tilápia GIFT é fruto do melhoramento genético baseado em acasalamentos de quatro linhagens comerciais cultivadas na Ásia e quatro linhagens silvestres de origem Africana (Gupta e Acosta, 2004; Resende et al., 2010).

2.2. Crambe (*Crambe abyssinica*)

O crambe é uma oleaginosa da família das crucíferas, nativa de uma região temperada e quente da Etiópia, mas domesticada e adaptada também às regiões secas e frias do mediterrâneo (Roscoe et al., 2010). Tem produção significativa na Europa e nos Estados Unidos, desde a década de 40, principalmente por apresentar no óleo, extraído da semente, elevada quantidade de ácido erúxico (55-60%), característica atrativa para aplicação na indústria química (Carlson e Tookey, 1983; Liu, 1994). No estado americano de Dakota do Norte, o cultivo de crambe atingiu 23 mil hectares em 1993, mas com a redução dos incentivos do HEADE (High Erucic Acid Development Effort) teve um decréscimo no plantio em 2001, sendo cultivado em apenas 8 mil hectares (Knights, 2002).

No Brasil, as pesquisas com esta oleaginosa iniciaram em 1995, quando a FUNDAÇÃO MS lançou a variedade FMS Brilhante, com intuito de avaliar o seu potencial para cobertura do solo em sistema de plantio direto. Por ser uma cultura tolerante ao déficit hídrico e também a temperaturas mais baixas, sua produção é viável para regiões do Centro Sul do Mato Grosso do Sul, Norte e Nordeste do Paraná e Sul de São Paulo (Pitol, 2008).

O crambe é uma excelente alternativa para rotação de culturas, podendo ser semeada no período de entressafra. Apresenta porte ereto e altura média de 0,60 a 0,90m, e dependendo da época e densidade do plantio, estes valores podem ser maiores (Perez, 1998). É uma cultura anual de baixo custo e apresenta ciclo precoce, de aproximadamente 90 dias, com potencial produtivo em torno de 1.000 e 1.500 kg ha⁻¹ e rendimento de óleo no grão de 26 a 38%, demonstrando seu potencial como matéria prima para produção de biodiesel (Pitol, 2007; 2008).

Uma característica importante sobre o óleo de crambe é sua alta concentração em ácidos graxos monoinsaturados, que proporcionam maior estabilidade quanto à oxidação, e auxilia na preservação do óleo durante o armazenamento (AIR, 1997).

Além disso, segundo Colodetti et al. (2012), o interesse na produção de crambe no país tem se intensificado, visto que os óleos utilizados para produção de biodiesel são baseados em culturas principalmente de ciclo primavera/verão, faltando opções para o outono/inverno.

Segundo Souza (2011), os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás produziram um total de aproximadamente 5.000 toneladas de grãos em 2010, que poderia gerar cerca de 3.750 toneladas de farelo de crambe na região Centro Oeste do Brasil.

O farelo de crambe possui elevado teor protéico (28-38% de proteína bruta), contém 8-9% de matéria mineral e 6-7 % de fibra (Baker et al. 1977). Porém, os teores de proteína e fibra podem variar dependendo da quantidade de casca presente na semente (Carlson e Tookey, 1983). O farelo é rico em potássio ($51,6 \text{ mg kg}^{-1}$), magnésio ($31,5 \text{ mg kg}^{-1}$), cálcio ($77,9 \text{ mg kg}^{-1}$), manganês ($0,085 \text{ mg kg}^{-1}$), ferro ($0,77 \text{ mg kg}^{-1}$), zinco ($0,39 \text{ mg kg}^{-1}$) e sódio ($4,43 \text{ mg kg}^{-1}$) e possui equilibrado perfil de vitaminas (Erikson e Bassin, 1990) e composição de aminoácidos semelhantes ao da caseína (Liu, 1994).

Entretanto, por ser uma espécie de crucífera, apresenta elevado conteúdo de glicosinolato no farelo desengordurado (variando entre 50 e 160 $\mu\text{mol/g}$) (Liu et al., 1994) e altos teores de ácido erúxico no óleo da semente (Liu et al., 1993), podendo também permanecer no farelo. Os vegetais desta família apresentam vários antinutrientes incluindo também ácido fítico e compostos fenólicos (Bell, 1993), que limitam a sua utilização na alimentação animal.

2.3. Fatores antinutricionais

A alta dos preços e a indisponibilidade da farinha de peixe impulsionaram os estudos com alimentação e o conhecimento das exigências nutricionais dos peixes, possibilitando o acréscimo considerável do uso de produtos vegetais na composição das rações, como farelo de soja, milho, farelo de trigo e farelo de arroz (Hendricks, 2002). No entanto, a maioria destas fontes vegetais possui uma variedade de substâncias antinutricionais que podem interferir na utilização dos nutrientes e afetar a produção e saúde dos animais (Francis et al., 2001).

Pezzato (1995) descreve que o valor nutricional dos alimentos não depende somente da quantidade e disponibilidade de nutrientes, mas da presença e dos níveis de substâncias tóxicas que possuem. Estas substâncias podem diminuir a

digestibilidade ou o metabolismo dos nutrientes, alterar processos fisiológicos, reduzir a disponibilidade de aminoácidos, vitaminas e minerais, diminuir o apetite e prejudicar o desempenho produtivo, podendo levar à morte, quando administrado por períodos prolongados (Butolo, 2002).

Os fatores antinutricionais podem ser classificados de acordo com a interferência na utilização dos nutrientes pelo animal, sendo divididos em 4 grupos: os que afetam a utilização da proteína e digestão (inibidores da protease, taninos, lectinas), os que afetam a utilização de minerais (fitatos, gossipol, oxalatos, glicosinatos), as antivitaminas e substâncias diversas (micotoxinas, cianogênios e saponinas); e pelo tipo de resistência ao processamento térmico de desativação das substâncias tóxicas, podendo ser termolábeis (inibidores da protease, fitatos, lectinas, antivitaminas) e termoestáveis (saponinas, polissacarídeos não amiláceos e alguns compostos fenólicos) (Francis et al., 2001).

Alguns compostos antinutricionais como fitatos, glicosinatos, compostos fenólicos (taninos) e ácido erúxico são comumente encontrados nos vegetais crucíferos, como a canola, o crambe, o nabo forrageiro e a mostarda (Bell, 1993).

2.3.1. Fitato

O fitato (hexafosfato de inositol) é encontrado em cereais e oleaginosas, como a soja e a canola, comumente utilizados nas rações para peixes (Hendricks, 2002). Apesar de fitato ser o termo mais utilizado, esta substância pode se apresentar na literatura com outras duas denominações diferentes, o ácido fítico e a fitina. O fósforo é estocado em sementes maduras como um complexo (mio-inositol hexafosfato) mineral com potássio, magnésio e cálcio, conhecido como fitina, já o ácido fítico é a forma livre do anel deste complexo (Selle e Ravindran, 2007).

O fitato atua como agente quelante de íons di e trivalentes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{3+} e Fe^{3+} , tornando-os indisponíveis (Francis et al., 2001). Cerca de 70% ou dois terços do fósforo total da planta está presente na forma de fitato, porém este não pode ser absorvido por espécies monogástricas, que não possuem a enzima fitase capaz de hidrolisar os grupos fosfatados e liberar o fósforo (Punna e Roland, 1998).

O crescimento de espécies como tilápia, carpa e truta pode ser negativamente afetado por ingredientes que contenham fitato, que pode ainda se complexar com a proteína, limitando ou reduzindo a disponibilidade deste nutriente (Francis et al., 2001). Em valores de pH abaixo do ponto isoelétrico da proteína, os grupos fosfatos

aniônicos do ácido fítico se ligam fortemente aos grupos catiônicos da proteína, formando complexos insolúveis em pH ácido (2 a 3), como por exemplo no estômago, tornando este nutriente indisponível para ser absorvido no intestino, que possui pH básico (Sugiura et al., 2006).

O fitato em combinação com baixos níveis de zinco associado a altos níveis de cálcio na ração de salmonídeos reduziu o consumo, o crescimento, aumentou a taxa de mortalidade e além de afetar o funcionamento da tireóide, promoveu também a formação de catarata e causou danos na região ceco-pilórica (Richardson et al., 1985).

Comparando a digestibilidade de nutrientes e aminoácidos da mostarda indiana *Brassica juncea* (concentrado protéico e farelo) com o concentrado proteico da soja para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e salmão do Atlântico (*Salmo salar*), Chowdhury et al. (2012), constataram que o teor de ácido fítico (4,2%) nas rações que continham o concentrado protéico de mostarda afetou negativamente a digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos para truta arco-íris.

Por outro lado, Denstadli et al. (2006) ao avaliarem diferentes níveis de inclusão de ácido fítico (IP6) (0,0; 1,0; 2,1; 4,7; 10,0 e 20,7 g kg⁻¹) na ração para salmão do Atlântico concluíram que a digestibilidade do nitrogênio foi maior a medida que o nível de ácido fítico aumentava, entretanto os peixes alimentados com a ração que continha 20,7g kg⁻¹ de IP6 tiveram o consumo reduzido, menor crescimento e a pior conversão alimentar. Segundo Francis et al. (2001), salmonídeos são capazes de tolerar níveis de 5-6 g kg⁻¹ de fitato na ração.

2.3.2. Glicosinolato

Os glicosinolatos são metabólitos secundários que contêm enxofre, presentes em todas as variedades de crucíferas economicamente importantes (Tripathi e Mishra, 2007). Existe uma grande variedade de glicosinolatos descritos (mais de 120) devido à capacidade de modificação na estrutura da cadeia lateral (Chen e Andreasson, 2001).

Sabe-se que os glicosinolatos intactos são inofensivos e que na planta estes compostos são acompanhados da enzima mirosinase, porém são mantidos em compartimentos celulares diferentes (Francis et al., 2001). A liberação desses compostos se dá quando o tecido da planta é danificado, ocasionando a união dos mesmos para formar isotiocianatos, progoitrinas e nitrilas que são altamente tóxicos para os animais (Francis et al., 2001).

O conteúdo de glicosinolato na semente de crambe pode variar de 55 a 70 $\mu\text{mol g}^{-1}$, enquanto que o farelo desengordurado e decorticado pode apresentar valores entre 50 a 160 $\mu\text{mol g}^{-1}$, apresentando quantidade superior ao encontrado no farelo de colza (Liu et al., 1994).

Estudos revelam que a composição média de glicosinolato na semente inteira e na semente descascada de crambe é de 4,5-7,0% e 8,0-10,0%, respectivamente (Baker et al., 1977). Mais de 90% do conteúdo de glicosinolato é naturalmente transformado em progoitrina (epi-PG), que na semente está acompanhada por um sistema de enzimas que hidrolisam o glicosinolato (mirosinase). Quando a semente germina ou quando é esmagada, a epi-PG é biologicamente separada por esta enzima, que tem sido caracterizada como glicoproteína com um grupo sulfidrilo essencial a sua atividade (Carlson e Tookey, 1983). No trato digestório, a epi-PG é convertida em goitrina que é o agente antitireoideano mais potente, pois impede a ligação do iodo à tireóide e mesmo com suplementação de iodo na ração este processo não pode ser revertido (Hendricks, 2002).

Em ruminantes, os glicosinolatos presentes no farelo parecem não influenciar o organismo, pois são degradados ou conjugados pelas bactérias intestinais. Já em monogástricos podem causar alterações nos tecidos além de reduzir o consumo e o crescimento (Wallig et al. 2002).

A presença de glicosinolatos intactos pode estar associada à ocorrência de hemorragia em fígado de galinhas poedeiras, ao passo que nitrilas causam danos no fígado e rim e aumento no peso dos órgãos, já os isotiocianatos afetam o funcionamento da tireóide (Duncan, 1991).

Em estudo realizado com o salmão Rei (*Chinook salmon*), Higgs et al. (1982) avaliaram o farelo de colza e concluíram que a inclusão de 16% provoca alterações na estrutura da tireóide, que se apresentou hiperplásica. O mau funcionamento da tireóide relacionado com níveis de glicosinolato na ração também foi relatado por outros autores, com diferentes espécies de peixes, como carpa, tilápia e truta (Hossain e Jauncey, 1989; Davies et al. 1990; Teskeredzic et al. 1995).

Entretanto, alguns procedimentos e tratamentos como o descascamento, altas temperaturas e a utilização de solventes orgânicos durante a extração do óleo ajudam a diminuir o teor de glicosinolatos presentes (Burel et al. 2000). Com o intuito de remover o glicosinolato presente no farelo de crambe, Liu et al. (1994) avaliaram o tratamento térmico com e sem aditivos químicos e extração aquosa e constataram que estes processamentos diminuíram consideravelmente o teor deste antinutriente.

O consumo contínuo de alimentos que contenham glicosinolatos em longo prazo, causa disfunção da tiróide afetando o metabolismo e o crescimento dos peixes (Francis et al. 2001). Definir um nível destes compostos que não interfira no desempenho e nem comprometa a saúde dos peixes é uma tarefa difícil dada à insuficiência dos dados disponíveis sobre as quantidades de seus derivados tóxicos, tais como isotiocianatos e nitrilas, que são os principais causadores dos efeitos negativos (Francis et al. 2001).

2.3.3. Compostos fenólicos - Tanino

São substâncias que contêm um grupo hidroxila ligado ao anel benzênico (fenol), e que podem conter outros substituintes na sua estrutura tais como açúcares ou ácidos orgânicos (Robbins, 2003). De acordo com a complexidade de sua estrutura podem ser divididos em dois grupos, os ácidos benzóicos e os flavonóides. Os flavonóides são mais complexos e se diversificam em termos estruturais, podendo ser subdividido em diversas classes, entre elas os taninos que são os mais abundantes na natureza (Carvalho, 2007).

Segundo Warreham et al. (1994) o termo tanino implica em qualquer substância fenólica de peso molecular entre 500-4000 g/mol, podendo ser hidrolisável, passíveis de hidrólise química, ou condensado, relativamente mais estáveis.

Os taninos possuem maior afinidade para interagir com proteínas, formando um complexo com ligações estáveis, e são capazes de se ligar com as enzimas digestivas, impedindo o efeito das proteases (Carvalho, 2007). Também inibem enzimas ligadas ao metabolismo de carboidratos (α -amilase, α -glicosidasas) e de lípidos (lipase pancreática e gástrica) (Mcdougall e Stewart, 2005).

Conferem ao alimento sabor adstringente, por isso quando presentes na ração reduzem o consumo por apresentar baixa palatabilidade e conseqüentemente causam redução da taxa de crescimento (Chubb, 1982; Mueller-Harvey e McAllan, 1992). Segundo Makkar (1988), o complexo formado entre o tanino e a proteína, além de diminuir a utilização desta, interfere na absorção e retenção de minerais e vitaminas e reduz a digestibilidade do amido.

O farelo de canola apresenta quantidade de tanino entre 1,5 e 3,0%, e são encontrados principalmente no tegumento (casca), sendo mais abundantes em cascas com coloração marrom do que em cascas de cor amarela (Bell, 1993). A maioria dos

compostos fenólicos comumente encontrados na canola são ácidos fenólicos e taninos condensados (Xu e Diosady, 2000).

Em estudo realizado por Pinto et al. (2004), verificou-se que o tanino em rações para tilápia do Nilo diminuiu a digestibilidade aparente da proteína e matéria seca quando presente em concentração igual ou superior a 0,46% e do extrato etéreo a partir de 0,23%.

Avaliando o desempenho produtivo de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de tanino condensado (TC) e hidrolisável (TH), Buyukcapar et al. (2011) verificaram que o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, a taxa de eficiência proteica e o consumo dos peixes alimentados com rações que continham os níveis de 15 e 25g kg⁻¹ de TH foram significativamente menores do que os obtidos com os animais alimentados com as demais rações (0 e 5g kg⁻¹ de TH e 0, 5, 15 e 25g kg⁻¹ de TC) e concluíram que as tilápias são mais tolerantes aos efeitos adversos causados por taninos condensados.

2.3.4. Ácido Erúcido

Também conhecido como *cis*-13-docosenóico, o ácido erúcido é um ácido graxo monoinsaturado de cadeia longa (C22:1) da família ômega-9. É de grande importância para a indústria oleoquímica e ocorre naturalmente nas sementes de plantas da família das crucíferas, sendo armazenado como triacilglicerol (Akoh e Min, 2002). Por muitos anos, a maior fonte industrial deste ácido era o óleo de colza (>40%), entretanto, o crambe mostrou ser vantajoso por apresentar 52-59% de ácido erúcido (Vargas-Lopez et al., 1999), que por outro lado não é desejável para a alimentação animal.

A partir de estudos realizados com frangos, foi constatado que o óleo de colza, por possuir alto teor de ácido erúcido, pode reduzir o consumo de ração e crescimento além de provocar alterações histopatológicas (Vogtmann e Clandininn, 1974). Além disso, apresenta sabor desagradável e pode causar miopatia (Lottenberg, 2009). Elevados teores de ácido erúcido foram cardiotoxicos e causaram acumulação de lipídios em ratos (Mattson, 1973).

O depósito de gordura no coração está relacionado à quantidade de ácido erúcido na dieta, e segundo Kramer et al. (1975) suínos parecem ser mais resistentes à lipidose do que ratos. Os lipídios acumulados no coração são quase que

exclusivamente triglicerídeos e podem se acumular em outros órgãos também exceto no fígado (Bremer e Norum, 1982).

Pesquisas indicam que este ácido graxo também influencia no aumento de colesterol sanguíneo dos animais. Ziombski (1970) avaliou a concentração sérica de colesterol em ratos alimentados com banha, óleo de canola e óleo de soja, e verificaram que os maiores níveis encontrados foram nos animais que receberam a dieta contendo óleo de canola. Resultado semelhante foi encontrado por Carroll (1952), que constatou que o óleo de colza misturado à dieta aumentou os níveis de colesterol em ratos.

O óleo de peixe quando parcialmente hidrogenado também forma esse tipo de ácido graxo, que é digerido e absorvido mais lentamente quando comparado a outras gorduras (Thomasson, 1954). Estudos sobre digestibilidade aparente do ácido graxo 22:1 do óleo de colza relatam que a capacidade de digestão e absorção varia entre 60-99% dependendo da espécie animal e da quantidade de óleo da dieta, sendo baixos os valores para ratos Sprague-Dawley, ovelhas e coelhos e altos para ratos Wistar, aves, suínos e humanos (Bremer e Norum, 1982).

2.4. Hematologia

A determinação do perfil hematológico é uma ferramenta complementar importante e eficiente, pois pode proporcionar um melhor entendimento sobre a saúde dos animais. A avaliação dos parâmetros sanguíneos determina o estado fisiológico dos peixes através da capacidade que estes animais têm em responder a demandas energéticas em situações adversas (Farias, 2012).

De acordo com Chen et al. (2003), o conhecimento de alguns parâmetros sanguíneos, em especial os bioquímicos, dos peixes ainda é limitado pela falta de base de dados confiáveis e dados laboratoriais de referência disponíveis.

Em se tratando da utilização de coprodutos agroindustriais na ração que possuem compostos potencialmente tóxicos, o uso da hematologia pode pressupor a influência que estes exercem no organismo e contribuir para avaliar a condição de homeostase e nutricional dos peixes.

2.5. Farelo de crambe na alimentação animal

O farelo de algumas oleaginosas representa um importante coproduto da produção de biodiesel, e a utilização na alimentação animal tem sido o principal motivo para o esmagamento das sementes (Cooper e Weber, 2012).

Alguns estudos têm sido conduzidos com a finalidade de avaliar o efeito da inclusão destes coprodutos na alimentação animal. Em pesquisa realizada por Liu (1994) foi constatado a alta digestibilidade da proteína e da energia em ratos e suínos.

Rotili et al. (2012), ao avaliar dois níveis (25 e 50%) de inclusão do concentrado proteico de farelo de crambe em substituição à farinha de carne e ossos suína para juvenis de jundiás (*Rhamdia quelen*) concluíram que não houve alteração sobre parâmetros metabólicos (glicogênio, glicose, proteína total e aminoácidos livres) no fígado dos animais. Loureiro et al. (2012) avaliaram, nestas mesmas condições, proteínas totais, albumina e triglicerídeos sanguíneos e deposição de gordura na carcaça e não encontraram diferenças significativas em relação à dieta controle, sem o concentrado protéico de crambe.

Ao avaliar as respostas em frangos pelo consumo de dietas com farelo de crambe (5, 10 e 15%), Ledoux et al. (1999) constataram que a adição do farelo não interferiu na qualidade da carne (análise sensorial e cor), nem nos parâmetros bioquímicos sanguíneos, exceto para o colesterol, cuja inclusão de 15% proporcionou maior valor (152 mg/dL). Os autores concluíram que até 5% de inclusão do farelo não acarreta prejuízo no ganho de peso ou saúde dos animais.

Com o intuito de testar o efeito da peletização sobre a concentração de glicosinolato na ração de ratos, Wallig et al. (2002) constataram menor ganho de peso, aumento no peso da tireóide e do rim e hipertrofia do fígado para os animais alimentados com o farelo de crambe em relação à dieta controle, entretanto os parâmetros sanguíneos não foram afetados. O processo de peletização não afetou o conteúdo de glicosinolato, que foi de 47,3 e 50,3 mg g⁻¹ para o farelo peletizado e não peletizado, respectivamente.

Korsrud et al. (1978) compararam o farelo de crambe ao ovo e caseína em dietas para ratos e constataram diminuição no ganho de peso, consumo e taxa de eficiência protéica nos animais alimentados com crambe. Estes autores atribuíram a redução no crescimento aos fatores tóxicos presentes no crambe.

Em estudo realizado com ratos, Pereira et al. (1981) avaliaram o farelo de crambe tratado (microondas e água quente) e constataram que este processamento

reduziu a toxicidade do crambe por meio da inativação da enzima mirosinase, entretanto, isto não foi suficiente para o bom desempenho dos animais, que tiveram uma redução no ganho de peso e na eficiência alimentar.

A substituição de até 90% do farelo de soja pelo farelo de crambe não influenciou o comportamento de cordeiros, porém as atividades comportamentais foram alteradas nos diferentes períodos de observação, independente da dieta (Costa et al. 2010). Este mesmo nível na dieta não alterou os parâmetros bioquímicos sanguíneos de cordeiros, porém promoveu aumento da enzima ALP (fosfatase alcalina) e diminuição da TGO (transaminase glutâmica oxalacética), indicando possível alteração na função hepática (Goulart et al. 2010).

O consumo, digestão ruminal e pós ruminal da matéria orgânica e porção fibrosa, bem como o pH e amônia do líquido ruminal de bovinos alimentados com até 5,88% de farelo de crambe não foram afetados (Caton et al. 1994). Em estudo realizado por Anderson et al. (1993) foi constatado que a proteína do farelo de crambe pode ser igualmente substituída pelo total de proteína do farelo de soja sem afetar o crescimento, a eficiência alimentar e características da carcaça de novilhos mestiços. A suplementação de 9,86% de farelo de crambe para vacas não influenciou no peso, escore de condição corporal, glândula tireóide e no peso dos bezerros nascidos (Anderson et al. 2000).

Os efeitos que os fatores antinutricionais do crambe ocasionam sobre as funções fisiológicas em peixes, bem como a avaliação do desempenho produtivo desses animais ainda são pouco conhecidos. São necessárias mais pesquisas envolvendo esta oleaginosa com a finalidade de se obter maiores informações sobre seu valor nutricional e suas possíveis causas no que diz respeito à toxicidade relacionada com a saúde dos peixes.

3. REFERÊNCIAS

AIR. *Crambe abyssinica*, a comprehensive program – Workshop – Part 4 – Utilization. Summary information. AIR-CT 94-2480, 1997. Disponível em: <<http://www.biomatnet.org/secure/Air/F709.htm>>. Acessado em: 12 out 2012.

AKON, C.C.; MIN, D.B. **Food Lipids - Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. 2ª Ed. New York, 2002.

ANDERSON, V.L.; SLANGER, W.D.; BOYLES, S.L.; BERG, P.T. Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2608-2613, 1993.

ANDERSON, V.L.; CATON, J.S.; KIRSCH, J.D.; REDMER, D.A. Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2669-2674, 2000.

BAKER, E.C., MUSTAKAS, G.C., GUMBMAN, M.R. and GOULD, O.H. Biological evaluation of crambe meals detoxified by water extraction on a continuous filter. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.50, n.10, p.392-396, 1977.

BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, p.679-697, 1993.

BOSCOLO, W.R., HAYASHI, C., SOARES, C.M., FURUYA, W.M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1391-1396. 2001.

BRASIL - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção Pesqueira e Aquícola. Estatística 2008 e 2009**. Brasília, DF; 2010.

BRASIL - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, DF; 2012.

BREMER, J.; NORUM, K.R. Metabolism of very long-chain monounsaturated fatty acids (22:1) and the adaptation to their presence in the diet. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.243-256, 1982.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; TULLI, F. KAUSHIK, S.J. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v.188, p.285-298, 2000.

BUTOLO, J.E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas, SP. P.141-142. 2002.

BUYUKCAPAR, H.M.; ATALAY, A.I.; KAMALAK, A. Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with diets containing different levels of hydrolysable and condensed tannin. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.13, p.1045-1051, 2011.

CABRAL, E.M.; BACELAR, M.; BATISTA, S.; CASTRO-CUNHA, M.; OZÓRIO, R.O.A.; VALENTE, L.M.P. Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. **Aquaculture**, v.322-323, p.74–81, 2011.

CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.60, n.12, 1983.

CARVALHO, E.B. **Estudos da interação entre proteínas e taninos: influência da presença de polissacarídeos**. 2007. 193f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Universidade do Porto. 2007.

CARROLL, K.K. Eruci acid as the factor in rape oil affecting adrenal cholesterol in the rat. **Collip Medical Research Laboratory**, University of Western Ontario, London, Canada, 1952.

CATON, J.S.; BURKE, V.I.; ANDERSON, V.L.; BURGWARD, L.A.; NORTON, P.L.; OLSON, K.C. Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3238-3245, 1994.

CHEN, S., ANDREASSON, E. Update of glucosinolate metabolism and transport. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.39, n.9, p.743–758. 2001.

CHEN, C-Y.; WOOSTER, G.A.; GETCHELL, R.G.; BOWSER, P.R.; TIMMONS, M.B. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. **Aquaculture**, v.218, p.89-102, 2003.

CHOWDHURY, M.A.K.; TACON, A.G.J.; BUREAU, D.P. Digestibility of amino acids in Indian mustard protein concentrate and Indian mustard meal compared to that of a soy protein concentrate in rainbow trout and Atlantic salmon. **Aquaculture**, v. 356-357, p.128-134, 2012.

CHUBB, L.G. Anti-nutritive factors in animal feedstuffs. In: Hareting, W. Studies in agricultural and food science butterworths. **Recent advances in animal nutrition**, p. 21-37, 1982.

COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p.258-269, 2012.

COOPER, G.; WEBER, A. An outlook on world biofuel production and its implications for the animal feed industry. In: Makkar, H.P.S. Ed. **Biofuel co-products as livestock feed Opportunities and challenges**. Roma, 2012. p.1-12.

COSTA, J.A.A.; SOUZA, A.D.V.; ÍTAVO, L.C.V.; FÁVARO, S.P.; REIS, F.A.; ÍTAVO, C.C.B.F. Comportamento de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 46^a, 2010. Salvador/BA. *Anais...* Salvador, 2010.

DAVIES, S.J.; McCONNEL, S.; BATESON, R.I. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). **Aquaculture**, v.87, p.145–154, 1990.

DENSTADLI, V.; SKREDE, A.; KROGDAHL, A.; SAHLSTROM, S.; STOREBAKKEN, T. Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. **Aquaculture**, v.256, p.365–376, 2006.

DUNCAN, A.J. Glucosinolates. In: D'Mello, F.J.P., Duffus, J.P., Duffus, C.M. Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge, p.126–147, 1991.

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

ERICKSON, D.B.; BASSIN, P. Rapeseed and Crambe: Alternative crops with potential industrial uses. **Bulletin 656. Agricultural Experiment Station**. Kansas State University, Manhattan. 36p. 1990.

FARIAS, T.H.V. **Probiótico na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*): avaliação hematológica, bioquímica, imunológica e desempenho produtivo**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal. 2012.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, p. 197-227. 2001.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; BOSCOLO, W.R.; CYRINO, J.E.P.; FURUYA, V.R.B.; FEIDEN, A. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. 98p. Toledo, 2010.

GOULART, S.R.; SOUZA, A.D.V.; ÍTAVO, L.C.V.; REIS, F.A.; DIAS, A.M.; MATEUS, R.G. Parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA. XX. Palmas/TO, 2010.

GUPTA, M.V.; ACOSTA, B.O. **A review of global tilapia farming practices.** Aquaculture Asia. WorldFish Center, vol.IX, n.1, 2004.

HENDRICKS, J.D. Adventitious toxins. **Fish Nutrition, 3 ed.** Oregon. p.601-649. 2002.

HIGGS, D.A.; McBRIDE, J.R.; MARKERT, J.R.; DOSANJH, B.S.; PLOTNIKOFF, D.M.; CLARKE, C.W. Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Aquaculture**, v. 29, p.1–31, 1982.

HISANO, H.; PORTZ, L. Redução de custos de rações para tilápia: a importância da proteína. **Bahia Agrícola**, v.8, n.1, p.42-45, 2007.

HOSSAIN, M.A.; JAUNCEY, K. Nutritional evaluation of some Bagladeshi oilseed meals as partial substitutes for fishmeal in the diet of common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture Fish Management**, v.20, p.255–268, 1989.

KNIGHTS, E.G. Crambe: A North Dakota case study. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. W02/005, 25p. Kingston, 2002.

KORSRUD, G.O.; KEITH, M.O.; BELL, J.M. A comparison of the nutritional value of crambe and camelina seed meals with egg and casein. **Journal of Animal Science**, v.58, p.493-499, 1978.

KRAMER, J. K. G.; FRIEND, D.W.; HULAN, H.W. Lipid changes in tissues of young boars fed rapeseed oil or corn oil. **Nutrition Metabolism**, v.19, p. 279-290, 1975.

LEDOUX, D.R.; BELYEA, R.L.; WALLIG, M.A.; TUMBLESON, M.E. Effects of feeding crambe meal upon intake, gain, health and meat quality of broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.227-240, 1999.

LIU, Y.G. **Crambe meal: evaluation, improvement and comparison with rapeseed meal**. 1994. 137f. Tese (Doutorado). Wageningen University. Holanda.

LIU, Y.G.; STEG, A.; HINDLE, V.A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, p.133-147, 1993.

LIU, Y.G.; STEG, A.; SMITS, B.; TAMMINGA, S. Crambe meal: removal of glucosinolates by heating with additives and water extraction. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.273-287, 1994.

LOTTENBERG, A.M.P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.53, n.5, p.595-607, 2009.

LOUREIRO, B.B.; SILVA, L.P.; LOVATTO, N.M.; SPERONI, C.S.; ROTILI, D.A.; GOULART, F.R.; NETO, J.R. Parâmetros metabólicos de jundiá (*Rhandia quelem*) submetidos à dietas contendo concentrados protéicos de farelos de crambe e girassol. In: SEMANA ACADÊMICA INTEGRADA. 26^a. Santa Maria/RS, 2012.

MAINA, J.G.; BEAMES, R.M.; HIGGS, D.; MBUGUA, P.N.; IWAMA, G.; KISIA, S.M. Digestibility and feeding value of some feed ingredients fed to tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture Research**, v.33, p.853-862. 2002.

MAKKAR, H.P.S. The tannins effect only protein utilisation. **Indian Dairyman**, v.41, n.7, p.135-156, 1988.

MATTSON, F. H. In: **Toxicants Occurring Naturally in Foods**. Vol. 2, p.189–209. National Academy of Sciences, Washington, DC. 1973.

McDOUGALL, G.J.; STEWART, D. The inhibitory effects of berry polyphenols on digestive enzymes. **Biofactors**, v.23, n.4, p.189-195. 2005.

MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W.; da SILVA, J. V.; de SOUZA, V. R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.42, n.4, p.521-526, 2007.

MUELLER-HARVEY, I.; MCALLAN, A.B. Tannins: their biochemistry and nutritional properties. **Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology**, v.1, p.151-217, 1992.

PEREIRA, J.A.A.; KIRLEIS, A.W.; CLINE, T.R. Nutritional evaluation of processed crambe meal for rats. **Journal of Animal Science**, v.53, n.5, p.1278-1285, 1981.

PEREZ, S.C.J.G.A. Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorium dubium*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n.1, p.134-142, 1998.

PEZZATO L.E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão, Brasil: CBNA, 1995. p. 33-52.

PINTO, L.G.Q.; PEZZATO L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M. Efeito do tanino na digestibilidade dos nutrientes da ração pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.2, p.181-186, 2004.

PITOL, C. Biodiesel: culturas, sistemas de produção e rotação de culturas. In: **Tecnologia e produção - culturas: safrinha e inverno** 2007. <http://www.fundacaoms.org.br/page.php?21>

PITOL, C. Cultura do crambe. In: **Tecnologia e Produção: milho safrinha e culturas de inverno**. Fundação MS, p.85-88, 2008.

POPMA, T.J.; LOVSHIN, L.L. **Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia**. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Alabama. 42p. 1995.

POPMA, T.; MASSER, M. **Tilapia Life History and Biology**. Southern Regional 377 Aquaculture Center. n. 283, 1999.

RESENDE, E.K.; OLIVEIRA, C.A.L.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. Melhoria animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO ANIMAL. VIII. Maringá/PR, 2010. Disponível em: <http://sbmaonline.org.br/anais/viii/palestras/>.

RICHARDSON, N.L., HIGGS, D.A., BEAMES, R.M., McBRIDE, J.R. Influence of dietary calcium, phosphorous, zinc and sodium phytate level on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. **Journal of Nutrition**. v.115, n.5, p.553–567, 1985.

ROBBINS, R. J. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.10, p.2866-2887, 2003.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D.L. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Fundação MS. 21p. 2010.

ROTILI, D.A.; LOVATTO, N.M.; GOULART, F.R.; LOUREIRO, B.B.; POSSANI, G.; BATTISTI, E.K.; NETO, J.R.; SILVA, L.P. Metabolismo hepático de jundiás alimentados com concentrados proteicos vegetais como substitutos à fonte proteica animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA. XXII. Cuiabá/MT, 2012.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, p.1-41, 2007.

SOUZA, M.L.R.; MARANHÃO, T.C.F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

SOUZA, M.L.R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1076-1084, 2002.

SOUZA, A.D.V. **Farelo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em substituição ao farelo de soja na dieta de ruminantes**. 2011. 157f. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande. 2011.

SUGIURA, S.H.; ROY, P.K.; FERRARIS, R.P. Dietary acidification enhances phosphorus digestibility but decreases H⁺/K⁺-ATPase expression in rainbow trout. **Experimental Biology**, v.209, p.3719–3728, 2006.

TACON, A. G. J. Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs. 64 p. FAO Fisheries. Rome, 1993.

TESKEREDZIC, Z.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S.; McBRIDE, J.R.; HARDY, R.W.; BEAMES, R.M.; JONES, J.D.; SIMELL, M.; VAARA, T.; BRIDGES, R.B. Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.131, p.261–277, 1995.

THOMASSON, H.J. The biological value of oils and fats. I. Growth and food intake on feeding with natural oils and fats. **The Journal of Nutrition**, 1954.

TRIPATHI, M.K.; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.1-27, 2007.

VARGAS-LOPEZ, J.M.; WIESENORN, D.; TOSTENSON, K.; CIHACEK, L. Processing of Crambe for Oil and Isolation of Erucic Acid. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.76, n.7, p.801-809, 1999.

VOGTMANN, H.; CLANDININ, D.R. Vitamin E and high or low erucic acid rapeseed oils in broiler diets. **Canadian Journal of Animal Science**, v.54, p.669-677, 1974.

WALLIG, M.A.; BELYEA, R.L.; TUMBLESON, M.E. Effect of pelleting on glucinolate content of crambe meal. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.205-214, 2002.

WARREHAM, C.N., WISEMAN, J., COLE, D.J.A. Processing and antinutritive factors in feedstuffs. In: COLE, D.J.A., VARLEY, M.A. **Principles of pig sciences**, Nottingham, 427p, 1994.

WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: Technological advances, trends and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v.10, p.465-498, 2002.

XU, L.; DIOSADY, L.L. The removal of phenolic compounds for the production of high-quality canola protein isolates. Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, 2000. Disponível em: <http://chem-eng.utoronto.ca/~diosady/xulpaper.html>.

ZIOMBSKI, H. Comparison on nutritive value of lard, soybean oil and rapeseed oil. In: PROCEEDINGS OF THE 10TH INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS. Symposium Chemistry Technology Rapeseed Oil and Other Cruciferae Oils, Gdansk 1967, Poland. p.413-424. 1970.

Capítulo II

Com base na revisão bibliográfica apresentada no Capítulo I, o Capítulo II, constituído pelo artigo intitulado: “Digestibilidade, desempenho e parâmetros sanguíneos de tilápias do Nilo alimentadas com farelo de crambe”, foi redigido com o objetivo de determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes, energia, aminoácidos e minerais e avaliar o efeito da inclusão do farelo de crambe na ração de alevinos de tilápia do Nilo sobre o desempenho produtivo, rendimento corporal, composição centesimal do filé e estado de saúde, com pretensão de publicação no periódico “Aquaculture”.

Digestibilidade, desempenho e parâmetros sanguíneos de tilápias do Nilo alimentadas com farelo de crambe

RESUMO: O estudo foi dividido em dois ensaios. No primeiro, objetivou-se determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia, aminoácidos, cálcio e fósforo do farelo de crambe (FC) para juvenis de tilápia do Nilo ($65,0 \pm 5,32$ g). Foram elaboradas duas rações, acrescidas de 0,1% de óxido de cromo III como marcador inerte (uma referência e a outra contendo 30% do alimento teste). No segundo ensaio, com duração de 80 dias, avaliaram-se os efeitos da substituição da proteína do farelo de soja pela a proteína do FC em rações para tilápia do Nilo sobre o desempenho, rendimento e composição centesimal do filé e parâmetros sanguíneos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e 4 repetições. Um total de 140 alevinos ($6,04 \pm 0,25$ g) foram alojados em 20 unidades experimentais (70L) distribuídas em cinco tanques (1000L) em sistema de recirculação de água. O FC foi utilizado nas proporções 0; 6,0; 12,0; 18,0 e 24,0 % da dieta, que corresponderam a 0; 4,44; 8,89; 13,33 e 17,75 % de inclusão, respectivamente. Após a etapa de desempenho, amostras sanguíneas) de cada tratamento foram colhidas para a avaliação dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e enzimáticos e cinco peixes de cada tratamento foram eutanasiados para obtenção do rendimento de carcaça, filé e análise da composição centesimal do filé. Peixes alimentados com 24% de substituição apresentaram o menor ganho de peso diário ($p < 0,05$). Os piores valores de conversão alimentar foram obtidos com as rações que continham 12 e 24% de farelo de crambe. As dietas com 12, 18 e 24% de farelo de crambe proporcionaram menor taxa de eficiência protéica ($p < 0,05$). Os parâmetros sanguíneos de hemoglobina, concentração de hemoglobina corpuscular média, proteínas plasmáticas totais, glicose e atividade da enzima alanina aminotransferase apresentaram níveis aumentados à medida que se aumentou a inclusão de FC na dieta. Conclui-se que o FC apresenta boa digestibilidade da proteína e aminoácidos demonstrando potencial como alimento proteico. A inclusão do FC não interfere no rendimento de carcaça e filé e não altera sua composição química. A substituição de 6% do farelo de soja pelo FC não prejudica o crescimento e não afeta os parâmetros hematológicos dos alevinos.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, crescimento, fonte proteica, *Oreochromis niloticus*, parâmetros hematológicos.

Digestibility, growth performance and blood parameters of Nile tilapia fed with crambe meal

ABSTRACT: The study was divided in two assays. The first one aimed to determine the apparent digestibility coefficient of nutrients, energy, amino acid, calcium and phosphorus of crambe meal (CM) for Nile tilapias fingerlings (65.0 ± 5.32 g). Two rations were prepared and added with 0.1% of chromium oxid III as a inert marker (a reference and the other containing 30% test feedstuff). In the second assay, with 80 days long, it was evaluated the effects of the substitution of the CM protein for the soybean protein in ration for Nile tilapias over the performance, yield, proximal composition of fillet and blood parameters. The experimental design was totally randomized with five treatments and 4 replicates. A total of 140 fingerlings (6.04 ± 0.25 g) were housed in 20 experimental units (70 L) divided in five tanks (1000 L) under water recirculation system. The CM was used in the proportions of 0; 6.0; 12.0; 18.0 and 24.0% of the diet, which corresponded to 0; 4.44; 8.89; 13.33 and 17.75% of inclusion, respectively. After the performance step, blood samples (n=12) were taken for the, hematological parameters, biochemical and enzymatic evaluation and five fish of each treatment were euthanized to obtain the carcass and fillet yield and the analysis of the proximal composition of fillet. Fish fed with 24% of substitution showed the less diary weigh gain ($p < 0.05$). The worst feeding conversion numbers were obtained with the diets that contained 12 and 24% of crambe meal. The diets with 12, 18 and 24% of crambe meal provided lower ratio of protein efficiency ($p < 0.05$). The blood parameters of hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, total plasma protein, glucose and enzyme alanine aminotransferase activity showed increased levels in compass that the inclusion of CM was increased in the diet. The conclusion is that the CM shows good protein and amino acid digestibility presenting potential as protein food. The inclusion of CM does not interfere in the carcass and fillet yield and does not change its chemical composition. The substitution of 6% of soybean meal for the CM does not affect the growth and hematological parameters of the fingerlings.

Keywords: *Crambe abyssinica*, growth, hematological parameters, *Oreochromis niloticus*, protein source.

1. Introdução

O rápido desenvolvimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) impulsionou o aumento da produção de peixes de água doce nas últimas duas décadas, e apresentou ampla distribuição no sudeste da Ásia, principalmente na China (72%), na África (19%) e Américas (9%) (FAO, 2012a). Em 2010, a produção mundial desta espécie ultrapassou 2,5 milhões de toneladas, sendo a segunda principal espécie produzida (FAO, 2012b).

A maior preocupação, originada a partir do crescimento acelerado do setor aquícola e das limitações encontradas para a produção de farinha de peixe, é de que se busquem alternativas que possam suplementar a escassez e o alto preço desta fonte proteica em rações para organismos aquáticos (Nagel et al. 2012). Além disso, algumas características devem ser consideradas para a viabilidade de utilização do potencial alimento substituto, como ampla disponibilidade, preço competitivo, facilidade no transporte e armazenamento e características nutricionais como baixos níveis de fibra, amido e antinutrientes e alto teor de proteína (Gatlin III et al., 2007).

Pesquisas com coprodutos à base de plantas como cevada, soja, milho, canola, algodão, etc. gerados a partir da produção de etanol e biodiesel, estão sendo desenvolvidas para avaliar o potencial de inclusão destes ingredientes na alimentação de peixes (Naylor et al. 2009).

O crambe (*Crambe abyssinica*), uma crucífera nativa da região Mediterrânea, tem sido cultivada com sucesso nos EUA desde 1990, pelo potencial industrial que apresenta (Knights, 2002). O farelo, coproduto obtido com o processamento da semente, pode demonstrar potencial de utilização em dietas para peixes, pois apresenta alto teor protéico (28-38% PB) (Baker et al. 1977).

Entretanto, por ser uma espécie de crucífera, apresenta elevado conteúdo de glicosinolato no farelo desengordurado (variando entre 50 e 160 $\mu\text{mol g}^{-1}$) (Liu et al. 1994) e altos teores de ácido erúxico no óleo da semente (55-60 %) (Liu et al. 1993), podendo estar remanescente no farelo. A presença destes fatores antinutricionais assim como compostos fenólicos e fitato podem interferir na absorção dos nutrientes e prejudicar o desempenho e o estado fisiológico dos animais.

Pesquisas acerca do uso de farelo de crambe na alimentação de peixes, bem como a avaliação dos possíveis efeitos deletérios ocasionado pelos fatores antinutricionais são escassas, portanto, necessitam de maior aprofundamento em função do potencial de aplicação deste coproduto.

O objetivo deste estudo foi determinar a composição bromatológica do farelo de crambe, a digestibilidade aparente dos nutrientes, energia, aminoácidos e minerais e avaliar o efeito da inclusão deste coproduto na dieta de alevinos de tilápia do Nilo sobre o desempenho produtivo, rendimento corporal, composição centesimal do filé e parâmetros sanguíneos.

2. Material e métodos

Os ensaios de digestibilidade e desempenho foram conduzidos no Laboratório de Piscicultura da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS. O farelo de crambe (FC) foi doado pela Fundação MS. Os animais foram doados pela Piscicultura Sgarbi, localizada em Palotina/PR.

2.1. Análises químicas do alimento, rações e fezes

A análise dos aminoácidos essenciais e não essenciais foi realizada pela empresa CBO - Análises Laboratoriais, Campinas/SP. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), cálcio (Ca), fósforo (P) e teor de fibra bruta (FB) e cinza (CZ) do alimento teste foram analisados no Laboratório de Solos e Corretivos da Embrapa Agropecuária, segundo metodologia da AOAC (2000). A análise dos compostos antinutricionais do FC foi realizada pela Embrapa Agroenergia, Brasília/DF. Os teores de fitato e ácido erúxico foram quantificados segundo metodologia proposta por Latta e Eskin (1980), e o glicosinolato conforme descrito por Leoni et al. (2003).

2.2. Ensaio de digestibilidade

Para avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, aminoácidos, energia e disponibilidade de cálcio e fósforo do FC, duas rações foram confeccionadas, sendo uma referência e a outra com 30% de substituição pelo alimento teste, ambas marcadas com 0,1 % de óxido de cromo III (Cr_2O_3) e secas em estufa de ventilação forçada por 18h a 55°C.

O período experimental teve duração de onze dias, sendo três destinados à adaptação e oito para coleta de fezes. Os juvenis de tilápia do Nilo ($n=60$, $65,0 \pm 5,32$

g) foram alojados em duas gaiolas (70 L) alojadas dentro de um tanque de fibra de vidro (1000 L), com circulação contínua de água, numa densidade de 30 animais por gaiola.

O arraçamento foi efetuado seis vezes ao dia, às 8h, 11h, 13h30, 14h30, 15h30 e 16h30, até apresentarem saciedade aparente. Ao final da tarde os peixes foram transferidos para os aquários de coleta de fezes (190L), onde permaneceram até a manhã do dia seguinte. Nestes aquários foi utilizada aeração suplementar para garantia de níveis de oxigênio dissolvidos adequados, por meio de compressor eletromagnético de ar (60 L min^{-1}). As variáveis da água, temperatura e oxigênio dissolvido, foram aferidas diariamente, de manhã e a tarde com auxílio de oxímetro digital (YSI modelo 550-a).

2.2.1. Cálculos:

O CDA foi calculado com base no teor de óxido de cromo presente nas rações e nas fezes, determinado por espectrometria de absorção atômica, utilizando as fórmulas (Nose, 1960; Cho e Slinger, 1979):

- $\text{CDA} = 100 - [100 \times (\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ na dieta } [\%]) / (\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ nas fezes } [\%]) \times (\text{nutriente nas fezes } [\%]) / (\text{nutriente na dieta } [\%])]$;

- $\text{CDA ingrediente} = [(\text{CDA ração teste} - \text{CDA ração referência}) \times \text{proporção da dieta referência}] / \text{proporção do ingrediente teste}$.

2.3. Ensaio de desempenho

2.3.1. Peixes e condições experimentais:

O experimento para avaliação do desempenho teve duração de 80 dias. Foram utilizados 140 alevinos de tilápia nilótica revertidos para macho, com peso inicial médio de $6,04 \pm 0,25 \text{ g}$ distribuídos aleatoriamente em 20 gaiolas (70 L) alojadas em 5 tanques de polietileno (1000 L), numa densidade de 7 peixes/gaiola, sendo que cada gaiola foi considerada uma unidade experimental. Os tanques eram providos por um sistema de recirculação de água com utilização de filtro físico e biológico, além de trocador de calor com termostato digital para controle de temperatura, que foi mantida dentro da faixa de conforto térmico para a espécie ($27\text{-}29^\circ\text{C}$).

As aferições dos parâmetros de qualidade de água foram realizadas diariamente, de manhã e à tarde, para as variáveis: temperatura e oxigênio dissolvido, por meio de oxímetro digital (YSI modelo 550-a). Semanalmente, foram aferidos o pH, utilizando-se peagâmetro, e amônia e nitrito por kit colorimétrico. A manutenção de limpeza dos tanques foi realizada por meio de sifonagem a cada dois dias para a retirada de resíduos fecais.

2.3.2. Dietas Experimentais:

As rações foram elaboradas de acordo com as exigências nutricionais da espécie (NRC, 1993), sendo que a ração controle (0 % de FC) teve como fonte de proteína principal o farelo de soja. Foram utilizados 4 níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela do farelo de crambe, 6, 12, 18 e 24 %, que corresponderam a 4,44; 8,89; 13,33 e 17,75 % de inclusão respectivamente. As rações foram formuladas com base nos nutrientes digestíveis sendo isoenergéticas ($3.200 \text{ kcal kg}^{-1}$) e isoproteicas (30%) (Tabela 1).

Os ingredientes utilizados na confecção das rações foram moídos em peneira de 0,5 mm, homogeneizados e hidratados para peletização, em moinho de carne convencional, na forma de grânulos de diâmetro igual a 1,5 mm. Em seguida foram secas em estufa ventilada a 55° C por 18 h, e armazenadas sob-refrigeração (7°C). Posteriormente, os grânulos foram fracionados em diferentes diâmetros médios adequando-os ao tamanho da boca dos peixes. Os peixes recebiam as rações quatro vezes ao dia, às 8h, 11h, 13h e 16h, até apresentarem saciedade aparente.

2.3.3. Parâmetros zootécnicos avaliados:

No início e final do período experimental, os peixes foram anestesiados com óleo de cravo (1 ml L^{-1} de água) e pesados em balança digital. Foram avaliados: o ganho de peso médio (GPM), consumo diário (CD), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência (S), utilizando-se as fórmulas seguintes fórmulas:

- $\text{GPM} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$;
- $\text{CD} = \text{quantidade de ração total ingerida} / \text{tempo de duração do experimento}$
- $\text{CA} = \text{Consumo} / \text{ganho de peso}$
- $\text{TEP} = \text{ganho de peso} / \text{consumo de PB}$

- TCE = \ln peso final (g) - \ln peso inicial (g) / período experimental x 100

- S = número de animais mortos / total de peixes x 100

Após a pesagem final, cinco peixes de cada tratamento foram eutanasiados com sobredosagem de óleo de cravo, posteriormente eviscerados e pesados em balança digital. Foi realizada uma avaliação macroscópica no momento da retirada dos fígados, que foram pesados para a obtenção do índice hepatossomático, calculado pela expressão:

- IHS = peso do fígado (g) / peso final (g) x 100

A pele foi retirada com auxílio de pinça e em seguida foram filetados com ajuda de um bisturi. Os filés foram triturados em micro moinho para posterior determinação da umidade, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo, segundo metodologia proposta pela AOAC (2000). Os dados do rendimento foram calculados em relação ao peso do animal.

2.3.4. Análises sanguíneas

Ao final dos 80 dias experimentais, após jejum de 24 horas, foram colhidas amostras de sangue de 12 peixes por tratamento, por punção do vaso caudal, utilizando seringas descartáveis contendo anticoagulante (EDTA 3%), para avaliar os parâmetros sanguíneos (hematócrito, hemoglobina, contagem de eritrócitos e índices hematimétricos), bioquímicos (proteínas plasmáticas totais, concentração de glicose, triglicerídeos e colesterol plasmático) e enzimáticos (atividades enzimáticas de alanina aminotransferase - ALT e aspartato aminotransferase - AST).

A porcentagem de hematócrito (Htc) foi determinada segundo Goldenfarb et al. (1971), por meio da técnica de microhematócrito. A concentração de hemoglobina total (Hb) foi determinada a partir da técnica do cianeto metahemoglobina, proposta por Collier (1944), com a utilização de reagente comercial (Doles) com leitura das amostras em espectrofotômetro (540 nm). A contagem de eritrócitos foi efetuada em câmara de Neubauer, sendo utilizada a solução de formol citrato modificada por Oliveira-Junior et al. (2008). A partir da determinação dos valores de hematócrito, contagem de eritrócitos e dosagem de hemoglobina total foram determinados os índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), utilizando-se as formulações estabelecidas por Wintrobe (1934):

- VCM = $(\text{Htc} \times 10) / \text{eritrócitos}$;

$$- \text{CHCM} = (\text{Hb} / \text{Htc}) \times 100$$

O teor de proteínas plasmáticas totais (PPT) foi quantificado por meio de refratometria com auxílio de refratômetro portátil. A glicose foi determinada por tiras-teste em glicosímetro digital (Roche Accu-Chek® Performa). Os triglicerídeos séricos foram analisados pelo método enzimático-colorimétrico do glicerol por meio do kit comercial (Gold Analisa). A dosagem do colesterol sérico total foi realizada com utilizando-se reagente comercial (Doles).

As atividades das enzimas alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) foram quantificadas em analisador semi-automático (BIOPLUS F200), pelo método cinético, empregando-se kit comercial (Gold Analisa).

2.4. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de substituição da proteína da soja pelo do farelo de crambe) e quatro repetições. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SPSS 13.0. Os dados de desempenho, rendimento corporal e composição centesimal do filé e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização bromatológica, perfil de aminoácidos e fatores antinutricionais do farelo de crambe

A composição nutricional, aminoácidos essenciais e não essenciais e antinutrientes do FC são mostrados na Tabela 2. De acordo com Ledoux et al. (1999) a composição química do farelo de crambe apresentou 91% de MS, 36,6% de PB, 10,8% de EE, 22,2% de FB, 0,9% de Ca e 1,0% de P. Estes valores foram similares aos encontrados nesse estudo para os nutrientes MS, PB e Ca. O presente trabalho também demonstrou que a porcentagem de proteína bruta se apresenta na faixa descrita por Baker et al. (1977), de 28 a 38%, mas difere dos valores de matéria mineral (8-9%) e fibra de (6-7%).

Por outro lado, o teor de fibra do FC encontrado no presente estudo (17,36%) foi menor do que o apresentado por Carlson e Tookey (1993) que encontraram valores

entre 22 e 26%. De acordo com estes autores, a casca do crambe apresenta 22,1% de fibra enquanto que o grão descascado somente 3,6%. Sendo assim, a quantidade de casca presente na semente durante o processamento utilizado para obtenção do farelo pode influenciar os teores de fibra e proteína.

Para os aminoácidos considerados limitantes, o FC apresentou valores inferiores quando comparados aos descritos por Carlson e Tookey (1993) que obtiveram para metionina, lisina, treonina e triptofano valores na faixa de 1,6-1,9 %, 4,9-5,7 %, 3.1-4.6 % e 1,0-2,0 %, respectivamente.

Com relação aos fatores antinutricionais avaliados, o FC apresentou 1,08% de ácido erúico, que pode ser considerado baixo e dentro do previsto pelo Comitê do Codex Alimentarius (2001). Por outro lado, por ser um alimento da família das crucíferas apresentou $41\mu\text{mol g}^{-1}$ de glicosinolato e $20,84\text{g kg}^{-1}$ de fitato. De acordo com Francis et al., 2001 os alimentos vegetais comumente utilizados em dietas para peixes, como o farelo de soja e de canola (crucífera), apresentam 10-15 e 50-75 g kg^{-1} de fitato, respectivamente, e recomendam que a ração não deva ultrapassar níveis acima de 5g kg^{-1} .

3.2. Digestibilidade

Durante o período do ensaio de digestibilidade os parâmetros da água foram apropriados para espécie, tendo valores para temperatura e oxigênio dissolvido de $25,4\pm 0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $6,77\pm 0,93\text{ mg L}^{-1}$, respectivamente (Popma e Green, 1990).

Os resultados obtidos para o CDA (Tabela 3) foram semelhantes aos apresentados por Boscolo et al. (2002), que encontraram para o FS valores para MS, PB e EB de 65,49%, 89,28% e 71,38%, respectivamente, trabalhando com tilápia do Nilo. Ao avaliarem o farelo de crambe (FC) em comparação ao farelo de canola na dieta para ratos, Liu et al. (1995) obtiveram CDA da proteína de 78,4% para o FC e 78,8% para o FCA, indicando a semelhança no aproveitamento de proteína entre estas duas fontes.

A disponibilidade do fósforo (Tabela 3) foi maior do que o valor obtido por Furuya et al. (2001) avaliando o farelo de canola para tilápia (29,86%), indicando que a tilápia absorveu eficientemente este mineral do FC, visto que os alimentos de origem vegetal podem conter até 80% do fósforo na forma de fitato, indisponível para os peixes (NRC, 1993).

Em média, os aminoácidos (Tabela 3) apresentaram digestibilidade superior a 80%, com exceção da isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, valina e cistina. A metionina apresentou o maior CDA em relação aos demais aminoácidos, sendo superior ao encontrado por Guimarães et al. (2008) para o farelo de soja (93,4%). Apesar do FC apresentar 0,65% de metionina, este demonstrou apresentar alta digestibilidade para tilápia (98,56%). Já o menor valor de CDA foi encontrado para a cistina, resultado inferior ao relatado por Guimarães et al. (2008) para o farelo de soja (89,3%).

Os efeitos ocasionados por alguns antinutrientes do FC podem ter interferido na digestibilidade de alguns nutrientes e aminoácidos. O tanino possui a capacidade de se complexar com a proteína e de inibir a ação das proteases, da mesma forma que o fitato, impedindo a absorção dos aminoácidos (Richardson et al. 1985; Jansman, 1993).

Alguns estudos *in vitro* têm demonstrado que o complexo fitato-proteína sofre menor ação das enzimas proteolíticas (Ravindran et al. 1995). A diminuição na digestibilidade da proteína foi verificada por Sajjadi e Carter, (2004), com a inclusão de 8g kg⁻¹ de fitato em dieta para salmão do Atlântico. Além disso, o fitato pode danificar a região ceco-pilórica e influenciar negativamente a absorção dos nutrientes, já que este atua como agente quelante de íons di e trivalentes (Francis et al., 2001).

No entanto, os resultados de digestibilidade para nutrientes e aminoácidos demonstraram que o FC apresentou valores semelhantes ao farelo de canola (crucífera) e ao FS, fonte proteica vegetal mais utilizada para rações de tilápias, confirmando seu alto valor biológico.

3.3. Desempenho

Os parâmetros físico-químicos da água apresentaram os seguintes valores médios: 6,16±0,68 mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido, 28,6±0,89 °C de temperatura, 0,11±0,08 mg L⁻¹ de amônia, 0,10±0,04 mg L⁻¹ de nitrito e pH de 7,36±0,22, estando estes dentro da faixa adequada para a espécie (El-Sayed, 2006).

Durante o período experimental foram observadas mortes dos animais alimentados com as rações contendo 6, 12 e 24% de FC (Tabela 4). Entretanto, este fato pode não estar relacionado com o alimento testado e sim ao comportamento agonístico peculiar desta espécie, uma vez que os peixes alimentados com a ração 18% tiveram sobrevivência total. Esta espécie possui hábito territorialista, podendo

causar desconforto entre os indivíduos que ocupam o mesmo espaço, pois manifesta de forma agressiva ataques direto aos demais peixes, impondo hierarquia social (Moyle & Cech Jr., 2000).

O ganho de peso médio dos peixes alimentados com a ração isenta de FC foi superior ($p < 0,05$) àqueles que receberam a ração com 24% de substituição do FS pelo FC, porém não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 4). Ledoux et al. (1999) em estudo com frangos concluíram que a inclusão de 15% proporcionou redução no ganho de peso. Para suínos, Liu et al. (1994) observaram diminuição no ganho de peso nos animais que receberam 3% de FC. Os efeitos do nível de glicosinolato foram avaliados por Burel et al. (2001), que constataram diminuição no crescimento de truta arco-íris com 30% de farelo de colza (26 $\mu\text{mol/g}$) na ração.

Os peixes que receberam a ração controle apresentaram menor conversão alimentar (CA), porém não diferiram ($p > 0,05$) dos que receberam 6 e 18% (Tabela 4). Por outro lado, apresentaram melhores CA ($p < 0,05$), quando comparado com os animais alimentados com rações contendo 12 e 24% de FC. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2009) obtiveram CA de 1,27, 1,17, 1,53 e 1,59 para tilápias alimentadas com 12,5, 25,0, 50,0 e 75%, respectivamente, de farelo de nabo forrageiro (crucífera) em substituição à proteína do FS.

Para a taxa de eficiência proteica (TEP), os animais que receberam as rações contendo 0% e 6% apresentaram as melhores respostas e não diferiram significativamente entre si (Tabela 4). No entanto, o tratamento controle foi superior ($p < 0,05$) aos contendo 12, 18 e 24% de FC. A redução na TEP foi acompanhada pela diminuição no GPM, confirmando que o aumento dos níveis de FC prejudica a utilização da proteína para finalidades plásticas. Nagel et al. (2012) avaliaram níveis de isolado proteico de canola em substituição parcial ou total (0, 33, 66 e 100%) a farinha de peixe na alimentação de turbot (*Psetta maxima*) e encontraram valores para TEP de 2,31, 2,17, 1,55 e 1,45 respectivamente, que foram semelhantes ao presente estudo.

Para os demais parâmetros de desempenho avaliados no presente trabalho, consumo diário (CD), taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de sobrevivência não foi possível observar diferença ($p > 0,05$) entre os animais alimentados com as distintas rações (Tabela 4). No caso do CD, apesar de o farelo de crambe apresentar fatores antinutricionais como taninos e glicosinolatos, que tem por característica reduzir a palatabilidade por proporcionar gosto adstringente e amargo aos alimentos

(Chubb, 1982) isso não foi suficiente para proporcionar alterações na aceitação das diferentes rações pelos peixes.

3.4. Rendimento de carcaça e filé e composição centesimal dos filés

Não houve efeito ($p>0,05$) da substituição do FS pelo FC sobre o rendimento de filé (RF) e rendimento de carcaça (RC) (Tabela 5). Em média o rendimento de filé foi de 33,21% entre os diferentes tratamentos, considerado dentro da faixa de variação para tilápia do Nilo de 25,4 a 42% (Clements e Lovell, 1994).

A inclusão do farelo de crambe na ração não influenciou a composição dos filés (Tabela 5). Segundo Ogawa e Maia (1999) a composição bromatológica do músculo de pescado pode apresentar uma faixa de 60,0 a 85,0% de água, 20,0% de proteína, 1,0 a 2,0% de matéria mineral e 0,6 a 36,0% de gordura, sendo que este último pode variar dependendo do tipo de músculo, da espécie, idade e ração. Neste trabalho, todas as variáveis encontram-se dentro da faixa.

3.5. Avaliação dos parâmetros sanguíneos

A suplementação de FC na ração não influenciou ($p>0,05$) os valores de hematócrito (Htc), contagem de eritrócitos (RBC) e volume corpuscular médio (VCM) (Tabela 6). Feldman et al. (2006) descrevem como valores considerados referência para a tilápia do Nilo saudável a faixa de 1,91 a 2,83 para RBC, 7,0 a 9,8g dL⁻¹ para Hb e 27,0 a 37,0%, para Htc. Os valores obtidos no presente estudo para Htc estão dentro do intervalo considerado normal para a espécie.

Não houve diferença significativa para os parâmetros bioquímicos colesterol, triglicerídeos e atividade da enzima aspartato aminotransferase, que em média apresentaram valores de 115,35 mg dL⁻¹, 158,46 mg dL⁻¹ e 131,28 U L⁻¹, respectivamente (Tabela 6). Foi observado aumento no valor de proteína plasmática total dos peixes alimentados com 18% de farelo crambe, porém esse fato não se repetiu nos demais níveis de substituição.

Pode se observar que os níveis de ALT, GLIC, Hb e CHCM (Tabela 6) foram influenciados pela inclusão de farelo de crambe ($p<0,05$). A atividade enzimática de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) é um indicativo de lesão em alguns órgãos específicos. Estas enzimas são encontradas em altas concentrações principalmente no fígado. Dessa forma Grizzle e Lovshin (1996)

descrevem que pela elevada concentração dessas enzimas nos hepatócitos, o aumento da permeabilidade da membrana destas células por necrose ou inflamação é identificado pela liberação dessas enzimas no plasma.

Embora o valor médio da ALT encontrado para os peixes alimentados com a ração 0% não ter diferido das rações com 12, 18 e 24% de farelo de crambe pode-se observar que houve aumento dos níveis desta enzima no plasma sanguíneo. Dessa forma pode-se evidenciar que os fatores antinutricionais presentes no farelo causaram algum tipo de injúria no fígado, já que este órgão é o principal local de detoxificação do organismo.

Além disso, a análise macroscópica do fígado dos animais permitiu a visualização de algumas alterações entre os tratamentos. O fígado dos peixes alimentados com a ração 0 e 6% apresentaram coloração normal (marrom claro), consistente e com gordura aderida. Nos demais tratamentos foram observadas alterações graduais e os fígados apresentaram uma coloração pálida, de consistência levemente friável, macroscopicamente vascularizada, e também com gordura aderida.

Quinsac et al. (1994) avaliando o efeito deletério do glicosinolato em frangos alimentados com farelo de colza tratado ou não, concluíram que ambas as rações causaram hipertrofia no fígado. Da mesma forma Burel et al. (2000), também constataram atividade elevada do fígado de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada com farelo de colza com baixos níveis de glicosinolato (5 e 41 $\mu\text{mol g}^{-1}$). No presente estudo não foi observado diferença significativa no peso do fígado com o aumento da inclusão do FC, que pode ser constatado por meio do índice hepato-somático (Tabela 4).

O nível de glicose sanguínea aumentou à medida que se incrementou os níveis de FC na ração. Isto pode ser indicativo do reflexo metabólico do animal em decorrência do esforço físico originado pela transformação das substâncias tóxicas no fígado, o qual demandou maior aporte de energia e não necessariamente em função de estresse (Landman et al. 2006).

A interação do ácido fítico com a proteína possibilita modificar a ação biológica da hemoglobina e a curva de dissociação do oxigênio, ou seja, quando este antinutriente se liga a hemoglobina proporciona um deslocamento na curva, facilitando a liberação do oxigênio (Rivera-Ch et al., 1995). Segundo Weiner e Franco (1986), o encapsulamento do ácido fítico nos eritrócitos reduz a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio. Neste trabalho verificou-se um aumento na concentração de hemoglobina corpuscular média, em função do incremento do FC na ração. Esta alteração pode ter

ocorrido em função do aumento na produção de hemoglobina pelos eritrócitos para compensar o baixo nível de oxigênio disponibilizado aos tecidos.

Em conclusão, o farelo de crambe apresenta boa digestibilidade para proteína e aminoácidos e pode substituir a proteína do farelo de soja em até 6% (4,44% de inclusão) sem comprometer o desempenho produtivo e os parâmetros hematológicos dos peixes.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos alevinos de tilápia do Nilo.

Ingredientes	Níveis de substituição (%)				
	0	6	12	18	24
Farelo de soja	53,00	49,82	46,64	43,46	40,30
Farelo de crambe	-	4,44	8,89	13,33	17,75
Farinha de vísceras de aves	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60
Milho (fubá)	8,71	6,74	4,40	2,35	4,80
Farelo de trigo	17,50	16,96	16,70	16,95	15,58
Quirera de arroz	2,25	5,17	8,05	9,55	8,44
Óleo de soja	3,76	3,08	2,45	2,00	1,30
Fosfato bicálcico	2,20	1,90	1,69	1,35	1,19
Calcário	-	-	-	0,56	0,20
Sal comum (NaCl)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Celulose	2,10	1,43	0,72	-	-
L-Treonina	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
DL-Metionina	0,19	0,16	0,15	0,13	0,11
Suplemento min. e vit. ¹	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
BHT (antioxidante) ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Composição química calculada				
Energia Digestível (kcal/kg)	3200,00	3200,00	3200,00	3200,00	3200,00
Proteína Digestível (%)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Metionina (%)	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52
Treonina (%)	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Extrato etéreo (%)	6,70	6,06	5,47	5,07	4,50
Fibra bruta (%)	6,46	6,46	6,45	6,48	6,98
Cálcio (%)	1,13	1,08	1,05	1,21	1,06
Fósforo disponível (%)	0,71	0,70	0,71	0,70	0,70

¹ *Suplemento mineral e vitamínico: (Composição/kg de ração) Selênio: 75 mg, ferro: 15g, cobre: 1.250 mg, manganês: 3750 mg, zinco: 17,5 g, cobalto: 50 mg, iodo: 100 mg, niacina: 8750 mg, ácido fólico: 625 mg, ácido pantotênico: 7500 mg, biotina: 50 mg, vitamina C 37,5 g, colina: 100 g, Inositol: 12,5 g vitamina A: 1.750.000 UI, vitamina D3, 375.000 UI, vitamina E 20.000 UI, vitamina K3, 500 mg, vitamina B1 2.000 mg, vitamina B2: 2.500 mg, vitamina B6: 2.500 mg, vitamina B12: 5.000 mcg.*

² *Butil-hidroxi-tolueno*

Tabela 2. Caracterização bromatológica, concentração de aminoácidos e fatores antinutricionais (fitato, glicosinolato e ácido erúxico) do farelo de crambe.

Farelo de Crambe	
Composição nutricional:	
MS (%)	92,15
PB (%)	36,33
EE (%)	3,71
EB (Kcal/kg)	4448,00
FB (%)	17,36
CZ (%)	6,64
Ca (%)	0,81
P (%)	0,71
Aminoácidos (%):	
Essenciais	
Arginina	2,05
Isoleucina	1,18
Leucina	2,12
Lisina (<i>Lys</i>)	1,99
Metionina	0,65
Fenilalanina (<i>Phe</i>)	1,48
Treonina (<i>Thr</i>)	1,01
Triptofano	0,31
Valina	1,77
Histidina (<i>Hys</i>)	0,80
Não essenciais	
Alanina	1,34
Ác. Aspártico	2,72
Glicina (<i>Gly</i>)	1,98
Ác. Glutâmico	5,92
Cistina (<i>Cys</i>)	0,42
Tirosina (<i>Tyr</i>)	1,10
Prolina	2,12
Serina	1,25
Fatores antinutricionais:	
Fitato (g kg ⁻¹)	20,84
Glicosinolato (µmol g ⁻¹)	41,00
Ácido erúxico (%)	1,08

MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato Etéreo; EB = Energia Bruta; FB = Fibra Bruta; CZ = Cinza; Ca = Cálcio; P = Fósforo

Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e valores digestíveis (VD) do farelo de crambe.

Farelo de Crambe		
Item:	CDA (%)	VD
MS (%)	62,57	57,66
PB (%)	82,37	29,93
EE (%)	81,51	3,02
EB (Kcal/kg)	77,00	3424,96
Ca (%)	66,34	0,54
P (%)	73,29	0,52
Aminoácidos:		
Essenciais		
Arginina	92,62	1,90
Isoleucina	79,89	0,94
Leucina	78,97	1,67
Lisina (<i>Lys</i>)	87,52	1,74
Metionina	98,56	0,64
Fenilalanina (<i>Phe</i>)	78,94	1,17
Treonina (<i>Thr</i>)	77,32	0,78
Triptofano	83,46	0,26
Valina	79,37	1,40
Histidina (<i>Hys</i>)	86,73	0,69
Não essenciais		
Alanina	80,35	1,08
Ác. Aspártico	95,08	2,59
Glicina (<i>Gly</i>)	80,27	1,59
Ác. Glutâmico	93,73	5,55
Cistina (<i>Cys</i>)	73,82	0,31
Tirosina (<i>Tyr</i>)	84,91	0,93
Prolina	82,20	1,74
Serina	85,26	1,07
Média	84,39	-

MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato Etéreo; EB = Energia Bruta; Ca = Cálcio; P = Fósforo

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros de desempenho produtivo e índice hepatossomático de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de farelo de crambe em substituição a proteína do farelo de soja.

Variável	Níveis de Substituição (%)					CV*
	0	6	12	18	24	
GPM	123,99 ^a	100,65 ^{ab}	98,74 ^{ab}	97,72 ^{ab}	87,80 ^b	13,14
CA	1,31 ^a	1,46 ^{ab}	1,53 ^b	1,49 ^{ab}	1,57 ^b	6,77
CD	14,67	12,21	12,06	12,48	11,55	9,60
TCE	3,85	3,58	3,51	3,54	3,45	4,32
TEP	2,30 ^a	2,04 ^{ab}	1,95 ^b	1,99 ^b	1,89 ^b	7,79
TS	100,00	71,43	75,00	100,00	85,71	15,57
IHS	2,22	2,44	2,06	1,81	2,05	11,00

GPM = Ganho de Peso Médio (g); CA = Conversão Alimentar; CD = Consumo Diário (g); TCE = Taxa de Crescimento Específico (%); TEP = Taxa de Eficiência Proteica (%); TS = Taxa de Sobrevivência (%); IHS = Índice Hepatossomático (%)

** Coeficiente de Variação (%)*

Valores na linha seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, $p < 0,05$)

Tabela 5. Valores médios dos rendimentos de filé e carcaça e composição centesimal do filé de tilápia do Nilo submetidas a rações contendo níveis substituição do farelo de crambe pela proteína do farelo de soja (com base na matéria natural).

Variável (%)	Níveis de Substituição (%)					CV (%)*
	0	6	12	18	24	
RF	33,35	33,28	33,07	34,03	32,31	1,86
RC	89,04	87,68	88,38	88,33	88,40	0,54
UM	76,32	76,66	76,11	76,13	76,62	0,35
PB	19,28	19,56	20,14	20,01	19,74	1,75
EE	8,04	6,16	5,41	4,55	4,45	25,71
MM	1,37	1,37	1,38	1,33	1,33	1,78

RF = Rendimento de Filé; RC = Rendimento de Carcaça; UM = Umidade; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato Etéreo; MM = Matéria Mineral

* *Coefficiente de Variação*

Tabela 6. Valores médios dos parâmetros sanguíneos de tilápia do Nilo submetidas a rações contendo níveis de substituição do farelo de crambe pela proteína do farelo de soja.

Parâmetros Sanguíneos	Níveis de Substituição (%)					CV (%)*
	0	6	12	18	24	
Hematológicos:						
Htc ¹ (%)	29,00	30,67	31,36	33,91	32,83	6,00
Hb ² (g/dL)	6,29 ^a	9,79 ^b	9,43 ^b	9,86 ^b	8,61 ^{ab}	16,88
RBC ³ (10 ⁶ /μL)	1,57	1,67	2,02	1,83	2,04	11,40
VCM ⁴ (fL)	204,10	186,23	162,39	189,08	162,64	10,00
CHCM ⁵ (%)	21,13 ^a	32,09 ^b	29,77 ^b	29,12 ^b	26,22 ^{ab}	15,22
Bioquímicos e Enzimáticos:						
PPT ⁶ (g/dL)	5,2 ^a	5,3 ^a	5,3 ^{ab}	6,0 ^b	5,6 ^{ab}	6,68
GLIC ⁷ (mg/dL)	29,40 ^a	30,80 ^a	41,80 ^b	44,20 ^b	45,20 ^b	19,81
COL ⁸ (mg/dL)	104,09	121,67	113,62	128,05	109,30	8,31
TAGs ⁹ (mg/dL)	147,38	123,69	166,28	180,07	174,90	14,56
ALT ¹⁰ (U/L)	27,80 ^{ab}	20,07 ^a	41,87 ^b	42,00 ^b	42,12 ^b	29,52
AST ¹¹ (U/L)	110,70	95,01	131,44	123,94	195,30	29,23

¹Hematócrito, ²Hemoglobina, ³Eritrócitos, ⁴Volume Corpuscular Médio, ⁵Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média, ⁶Proteínas Plasmáticas Totais, ⁷Glicose, ⁸Colesterol, ⁹Triglicérides, ¹⁰Alanina aminotransferase, ¹¹Aspartato aminotransferase.

* Coeficiente de Variação

Valores na linha seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, $p < 0,05$)

Referências

ALIMENTARIUS, Codex. Codex standard for named vegetable oils, CODEX STAN 210-1999. Codex Alimentarius, v.8, p.11-25, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of Analysis of International**. Horwitz, W. (Ed.). 17th ed. Arlington, 2000.

BAKER, E.C.; MUSTAKAS, G.C.; GUMBMANN, M.R.; GOULD, D.H. Biological evaluation of crambe meals detoxified by water extraction on a continuous filter. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.54, n.10, p.392-396, 1977.

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**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; TULLI, F. KAUSHIK, S.J. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v.188, p.285-298, 2000.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; KAUSHIK, S.J.; BOEUF, G.; MOL, K.A.; VAN DER GEYTEN, S.; DARRAS, V.M.; KÜHN, E.R.; PRADET-BALADE, B.; QUÉRAT, B.; QUINSAC, A.; KROUTI, M.; RIBAILLIER, D. Effects of rapeseed meal-glucosinolates on thyroid metabolism and feed utilization in rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, v.124, n.3, p.343-358, 2001.

CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.60, n.12, 1983.

CLEMENTS, S.; LOVELL, R.T. Comparison of processing yields and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.119, p.299-310, 1994.

CHO, C.Y; SLINGER, S.I. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: WORD SYMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, Hamburg, 1978. Proceedings... Heeneman: Halver, J.; Tiews, K., p.239-247, 1979.

CHUBB, L.G. Anti-nutritive factors in animal feedstuffs. In: Hareting, W. Studies in agricultural and food science butterworths. **Recent advances in animal nutrition**, p. 21-37, 1982.

COLLIER, H. B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, v. 50, p.550-552, 1944.

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

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, 230p. 2012a.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Fishery and Aquaculture Statistics 2010**. Rome, 207p. 2012b.

FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, C.N. **Schalm's veterinary hematology**. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 1344p. 2006.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M.; LANNA, E.A.T. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de canola pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.611-616, 2001.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**. p.197-227. 2001.

GATLIN III, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**. v.38, p.551-579. 2007.

GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIOUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, New York, v. 56, p. 35-39. 1971.

GRIZZLE J.M.; LOVSHIN, L.L. Injuries and serum activities of fingerling channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) harvested with a turbine pump. **Aquaculture Engineering**, v.15, n.5, p.349-357,1996.

GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.396-404, 2008.

JANSMAN, A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, v.6, p.209-236, 1993.

KNIGHTS, E.G. Crambe: A North Dakota case study. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. W02/005, 25p. Kingston, 2002.

LATTA M, ESKIN M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal Agriculture Food Chemistry*. v.28, n.6, p.1313-1315. 1980.

LEONI, O.; CINTI, S.; ALIANO, N.; TITTONEL, E. D. A rapid chromatographic method for determining the glucosinolate content in crambe seed. **Plant Breeding**. v.122, p.517-520, 2003.

LANDMAN, M.J.; VAN DEN HEUVEL, M.R.; FINLEY, M.; BANNON, H.J.; LING, N. Combined effects of pulp and paper effluent, dehydroabietic acid, and hypoxia on swimming performance, metabolism, and hematology of rainbow trout. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.65, n.3, p.314-322. 2006.

LEDOUX, D.R.; BELYEA, R.L.; WALLIG, M.A.; TUMBLESON, M.E. Effects of feeding crambe meal upon intake, gain, health and meat quality of broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.76, p.227-240, 1999.

LIU, Y.G.; STEG, A.; HINDLE, V.A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, p.133-147, 1993.

LIU, Y.G.; STEG, A.; SMITS, B.; TAMMINGA, S. Crambe meal: removal of glucosinolates by heating with additives and water extraction. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.273-287, 1994.

LIU, Y.; SMITS, B.; STEG, A.; JONGBLOED, R.; JENSEN, S.K.; EGGUM, B.O. Crambe meal: digestibility in pigs and rats in comparison with rapeseed meal. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.257-270, 1995.

MOYLE, P. B.; CECH JUNIOR, J. J. **Fishes: an introduction to ichthyology. 4 ed.** Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall. 2000.

NAGEL, F.; DANWITZ, A.V.; TUSCHE, K.; KROECKEL, S.; BUSSEL, C.G.J.V.; SCHLACHTER, M.; ADEM, H.; TRESSEL, R.P.; SCHULZ, C. Nutritional evaluation of rapeseed protein isolate as fish meal substitute for juvenile turbot (*Psetta maxima* L.) - Impact on growth performance, body composition, nutrient digestibility and blood physiology. **Aquaculture**, p.357-364, 2012.

NAYLOR, R.L.; HARDY, R.W.; BUREAU, D.P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A.P.; FOSTER, I.; GATLIN III, D.M.; GOLDBURG, R.J.; HUA, K.; NICHOLS, P.D. Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.106, n.36, p.15103-15110, 2009.

NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Fish Research Laboratory**, Tokyo, v.10, p.11-22, 1960.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of warmwater fishes na shellfishes**. Washington: National Academy Press. 102p. 1993.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado. São Paulo: Varela, v.1, 430p. 1999.

OLIVEIRA-JUNIOR, A. A; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J. L. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with morphologic assessment of blood cells. **Research in Veterinary Science**, London, v. 86, p. 146-151. 2008.

POPMA, T.J.; GREEN, B.W. Sex reversal of Tilapia in earthen ponds. **Aquaculture Production Manual**. Alabama. 16p. 1990.

QUINSAC, A.; LESSIRE, M.; KROUT, M.; RIBAILLIER, D., COIC, J.P.; FAUDUET, H.; ROLLIN, P. Improvement in the nutritive value of high and low glucosinolate rapeseed meal by aqueous extraction. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.265-272, 1994.

RAVIDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; KORNEGAY, E.T. Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry Avian Biology Review**. n.6, p.125-143 1995.

RICHARDSON, N.L., HIGGS, D.A., BEAMES, R.M., McBRIDE, J.R. Influence of dietary calcium, phosphorous, zinc and sodium phytate level on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. **Journal of Nutrition**. v.115, n.5, p.553–567, 1985.

RIVERA-CH, M.; LEBN-VELARDE, F.; HUICHO, L.; MONGE-C., C. Ventilatory response to severe acute hypoxia in guinea pigs and rats with low hemoglobin-oxygen affinity induced by phytic acid. **Comparative Biochemistry and Physiology**. v.112A, p.411-416, 1995.

SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Effect of phytic acid and phytase on feed intake, growth, digestibility and trypsin activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). **Aquaculture Nutrition**. v.10, p.135-142. 2004.

SANTOS, V.G.; FERNANDES JÚNIOR, A.C.; KOCH, J.S.A.; BARROS, M.M.; GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E. Desempenho produtivo da tilápia-do-nilo arraçoada com dieta contendo farelo de nabo forrageiro. **Boletim Instituto da Pesca**, v.35, n.3, p.451-459, 2009.

WEINER, M.; FRANCO, RS. Incorporation of phytic acid into erythrocytes and its medical use. In: Graf, E. Ed. **Phytic acid chemistry and applications**. Minneapolis: Pilatus Press, 1986. p.249-264.

WINTROBE, M. M. Variations on the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood various vertebrates. **Folia Haematologica**, Leipzig, v. 5, p. 32-49, 1934.

Capítulo III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários países estão desenvolvendo políticas públicas de apoio e incentivo à produção e uso de biocombustíveis, reforçando a necessidade de diversificação da matriz energética e o uso de fontes renováveis. O Brasil, alinhado a estas demandas, recentemente criou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que incentiva a produção de biodiesel de forma sustentável, considerando a inclusão social e o desenvolvimento regional, com base na produção de oleaginosas vegetais.

Em decorrência da prospecção do aumento de produção de oleaginosas haverá maior oferta de coprodutos do processamento do biodiesel como o glicerol, torta e farelo, que podem ser utilizados na alimentação animal. Entretanto, ainda existem restrições quanto ao conhecimento do valor biológico de diversos coprodutos de espécies oleaginosas e dos componentes tóxicos presentes que permanecem remanescentes principalmente na torta e farelo.

A aquicultura vem apresentando expressivo crescimento nos últimos anos, superando atividades pecuárias tradicionais. No entanto, apresenta algumas limitações para extrapolar algumas expectativas, pois ainda depende da principal fonte proteica (farinha de peixe) para confecção das rações para diversas espécies, que apresenta declínio na sua produção e alto preço. Além disso, com o sucessivo aumento de grãos convencionais é inevitável à busca por substitutos com menores preços, e os coprodutos da cadeia de biodiesel se apresentam como principais candidatos.

Os resultados deste trabalho demonstraram que o farelo de crambe apresenta alto teor proteico e boa digestibilidade para tilápia do Nilo, no entanto, alguns fatores antinutricionais proporcionam limitações a seu uso. Dessa forma, sugerem-se estudos para avaliação de distintos processamentos de destoxificação, com o intuito de minimizar ou neutralizar a ação desses compostos como, por exemplo, a extração com água, tratamento térmico ou com aditivos químicos, bem como a obtenção de concentrados ou isolados proteicos, considerando sempre o custo de produção de cada metodologia.

Além disso, estudos adicionais também devem ser incentivados com várias espécies de peixes, camarões e outros animais monogástricos, dando ênfase à determinação das características antinutricionais das tortas e farelos das oleaginosas e eventuais respostas sobre o desempenho, e principalmente sobre a saúde do animal e qualidade da carne. Essas informações com uma maior gama de espécies serão

essenciais para consolidação da cadeia produtiva do crambe, pois grande parte da receita será originada da comercialização da torta e farelo para alimentação animal.

APÊNDICE



Figura 1. Ensaio de digestibilidade. Animais alojados em gaiolas (70L) dispostas dentro de um tanque de fibra de vidro (1000L), com circulação contínua de água (a). Aquários de coleta de fezes (190L), com sistema de aeração por meio de pedra porosa acoplada a um aerador central, onde os peixes permaneciam até a manhã seguinte (b).



Figura 2. Ensaio de desempenho. Unidades experimentais totalizando 5 tanques (1000L) com 20 gaiolas (70L) (a). Destaque de um tanque onde eram posicionadas 4 gaiolas, sendo cada gaiola considerada uma repetição.



Figura 3. Sistema de recirculação de água para abastecimento dos tanques. Biofiltro mecânico e biológico (a). Trocador de calor para o controle de temperatura, com termostato digital (b).

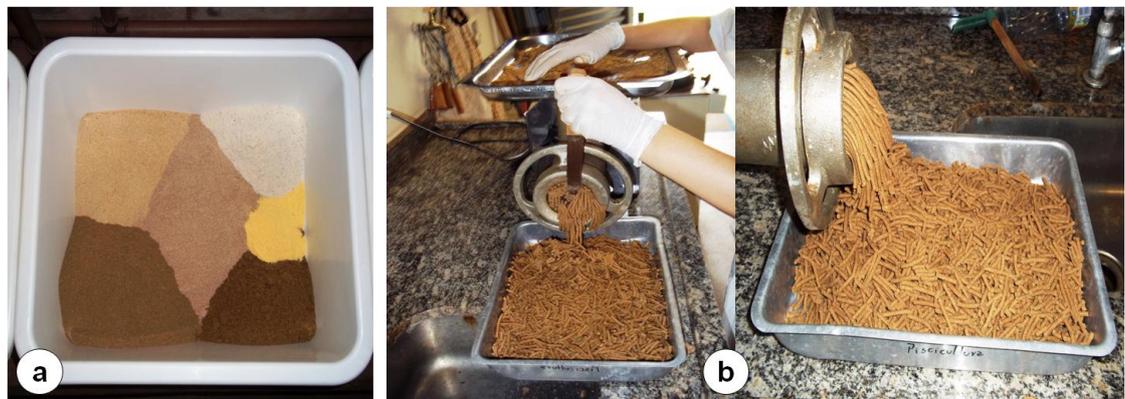


Figura 4. Confeção das rações. Ingredientes moídos em peneira de 1,5 mm (a). Ingredientes homogeneizados e hidratados sendo peletizados em moinho de carne convencional, na forma de grânulos de diâmetro igual a 0,5 mm (b).

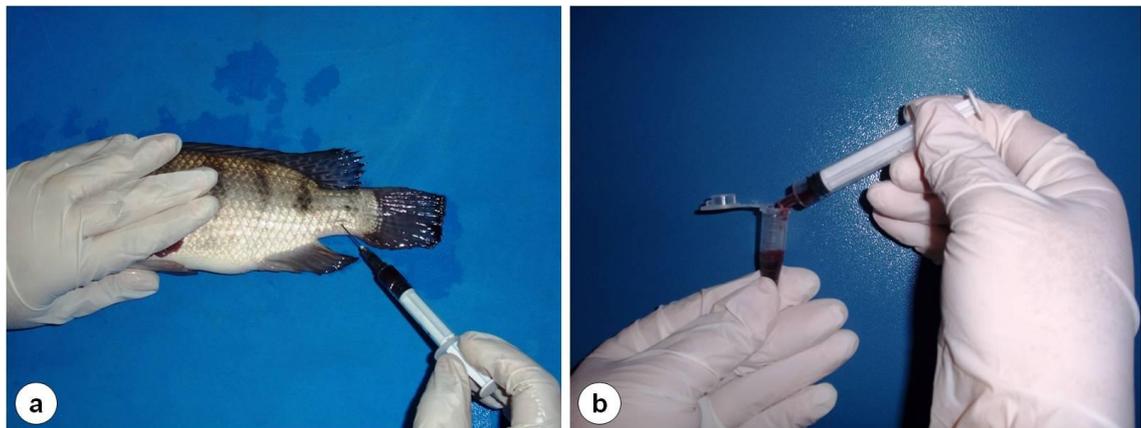


Figura 5. Procedimento para colheita sanguínea. Punção do vaso caudal (a) e acondicionamento do sangue em tubo de polipropileno (b).

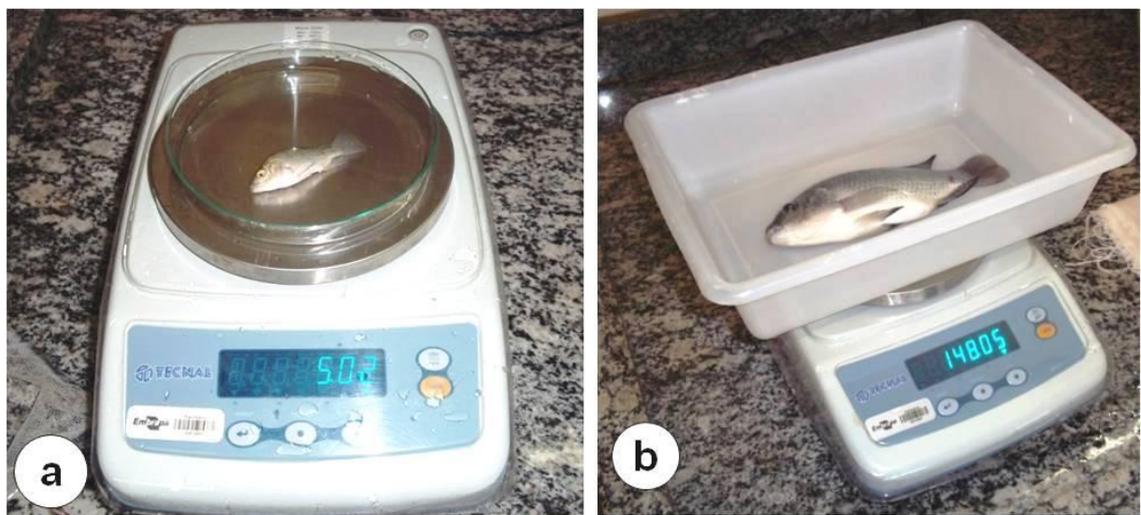


Figura 6. Biometria dos animais. Pesagem inicial (a) e final (b).



Figura 7. Processamento dos filés para análise da composição centesimal. Filés inteiros (a), cortados (b) e dentro do recipiente pronto para triturar (c). Micro-moinho manual (d), trituração da amostra (e) e retirada para secagem e posterior análise (f).