

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

MAYSA TEODORO LEMES

Caroço de algodão em dietas para tilápia-do-Nilo: efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes e histologia hepática e testicular

Toledo
2017

MAYSA TEODORO LEMES

Caroço de algodão em dietas para tilápia-do-Nilo: efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes e histologia hepática e testicular

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

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt
Coorientadora: Dra. Jakeline Marcela Azambuja de Freitas

Toledo
2017

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

L552c Lemes, Maysa Teodoro
Caroço de algodão em dietas para tilápia-do-Nilo : efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes e histologia hepática e testicular / Maysa Teodoro Lemes. -- Toledo, PR : [s. n.], 2017.
65 f. : il. (algumas color.),, figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt
Coorientadora: Profa. Dra. Jakeline M. Azambuja de Freitas
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Engenharia de pesca - Dissertações 2. Tilápia (Peixe) – Alimentação e rações 3. Peixe - Nutrição 4. Peixe - Reprodução 5. Proteínas na nutrição animal 6. Farelo de caroço de algodão como ração I. Bittencourt, Fábio, orient. II. Freitas, Jakeline Marcela Azambuja de, coorient. III. T

CDD 20. ed. 639.3752

MAYSA TEODORO LEMES

Caroço de algodão em dietas para tilápia-do-Nilo: efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes e histologia hepática e testicular

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

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

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dra. Juliana Alice LoschNervis
Instituto Federal do Paraná

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao Divino Pai Eterno, meu protetor que entregou essa missão e agora finalizo com muito orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Divino Pai Eterno que concedeu essa missão, digo, não foi fácil, muitos obstáculos, choros, medos, todas essas variáveis estavam constantemente ao meu lado, todavia o amor de Deus foi maior. Nada nessa vida acontece sem um motivo, por isso, o meu primeiro agradecimento é para Ti, meu Deus, que confiou em mim.

Outro alicerce fundamental para finalização dessa missão foi a minha família, agradeço pelo apoio moral, financeiro, que sem eles não conseguiria manter no estado do Paraná. Pai, mãe, vocês são o meu alicerce.

Ao professores: Dr. Fábio Bittencourt (orientador), que me auxiliou nesse mestrado, e ao professor Dr. Wilson Rogério Boscolo pelo tema do trabalho. À Daniele Zanerato Damasceno, que disponibilizou para me auxiliar nas análises, à minha coorientadora Dra. Jakeline Marcela Azambuja de Freitas, esse agradecimento é especial, você sabe o quanto lhe admiro e o quanto aprendi contigo, você foi a única que, quando estava no fundo do poço, simplesmente falou: “segura na minha mão e vamos terminar juntas”.

Ao grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAQ), o qual me proporcionou um crescimento e um aprendizado profissional na área de piscicultura. Também agradeço em especial o Mateus Cardoso dos Santos, que foi um colega que se disponibilizou todas as vezes em esclarecer dúvidas quando precisava e não podia deixar de agradecer as amizades que o mestrado me proporcionou: Ortência, Vanilva, Gislaine, Antônio, Angêlica, Gildete, Mariana, Ricácio, Vinícios e outros colegas os quais foram passando nesse período.

À Cooperativa Agroindustrial Consolata (Copacol), que disponibilizou as rações para elaboração do experimento e os peixes, além dos funcionários que auxiliaram no experimento.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós- Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, a CAPES pela bolsa de estudos e muito obrigada a todos que direta ou indiretamente torceram para que essa missão chegasse no seu fim.

Obrigada meu Deus, missão dada é missão cumprida!!!!!!!

“Em tempos de guerra, nunca pare de lutar”

Caroço de algodão em dietas para tilápia-do-Nilo: efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes e histologia hepática e testicular

RESUMO

A utilização de caroço e subprodutos do algodão na alimentação animal vem se destacando positivamente na área da nutrição, sendo o algodoeiro (*Gossypium*spp) cultivado para produção de fibras, óleo e como subproduto do algodão, o farelo vem se destacando mundialmente como a segunda mais importante fonte ou suplemento proteico disponível para a alimentação animal, apenas sendo ultrapassado pela soja. Foram realizados dois experimentos com o objetivo de verificar a inclusão de caroço de algodão na digestibilidade de nutrientes e na histologia dos fígados e testículos de tilápia. Foram utilizados 144 juvenis de tilápia com peso médio de $179,42 \pm 23,45$ g, distribuídos em delineamento de blocos casualizados. Foram elaboradas dietas a fim de conter diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão (0; 1,5; 3,0 e 4,5%), ofertadas cinco vezes ao dia em horários pré-determinados. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados empregando o método indireto utilizando óxido de cromo como marcador inerte (0,1%). As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Não houve variação entre os blocos ($p > 0,05$). Os CDAs da matéria seca, proteína bruta, proteína digestível, energia bruta e energia digestível das dietas não foram influenciados ($p > 0,05$). Dietas contendo caroço de algodão em níveis de inclusão de até 4,5% não determinam efeitos no aproveitamento dos nutrientes e energia da dieta fornecida para a tilápia-do-Nilo. No segundo experimento foram utilizados 320 reprodutores com peso médio de 316,12g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Foram elaboradas dietas quatro dietas contendo diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão (0; 1,5; 3,0 e 4,5%), as dietas foram ofertadas duas vezes ao dia em horários pré-determinados. As alterações histológicas dos fígados foram avaliadas qualitativamente utilizando o índice de BERNET, e a caracterização testicular foi analisada descritivamente utilizando a terminologia padronizada para descrever o desenvolvimento reprodutivo de peixes, para os índices gonadossomáticos (IGS) e hepatossomáticos (IHS) e gordura visceral (GV) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) bifatorial. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os índices analisados e também não foram observadas diferenças na histologia dos testículos, porém observou-se na histologia dos fígados, alterações conforme a inclusão de caroço de algodão nas dietas. Dietas contendo caroço de algodão em níveis de inclusão de até 4,5% não determinam efeitos na espermatogênese de reprodutores de tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: aquicultura; ingredientes alternativos; nutrição; *Oreochromis niloticus*; reprodução.

Cotton seedlings for Nile tilapia diets: effects on nutrient digestibility and hepatic and testicular histology

ABSTRACT

The use of seed and cotton by-products in animal feed it has been highlighting positively in the field of nutrition, it being the cotton plant (*Gossypium*spp) cultivated for fiber production, oil and how a by-product of the cotton, the bran has been outstanding worldwide as the second most important source or protein supplementation available for animal feed, just only it being surpassed by soybeans. Two experiments were carried out with aim of the verify the inclusion of cottonseed on nutrient digestibility and histology of the livers and testicles of tilapia. In the experiment of digestibility 144 juveniles were used with an average weight of tilapia 179.42 ± 23.45 g, distributed randomly in blocks design. Diets were elaborated for the purpose of contain different levels of inclusion of cottonseed (0; 1.5; 3.0 and 4.5%), offered five times a day at predetermined times. The apparent digestibility coefficients were determined using the indirect method using chromium oxide as inert marker (0.1%). The averages were subjected to analysis of variance (ANOVA). There was no variance between the blocks ($p > 0.05$). The ADCs of dry matter, crude protein, digestible protein, raw energy and digestible energy of diets were not influenced ($p > 0.05$). Cottonseed in diets containing levels of inclusion of up to 4.5% does not determine effects on utilization of nutrients and dietary energy supplied to the Nile tilapia. In the second experiment were used 320 broodstock with average weight of 316, 12 g, distributed in completely randomized design. Diets were elaborated in order to contain different levels of inclusion of cottonseed (0; 1.5; 3.0 and 4.5%), diets were offered twice a day at predetermined times. Histological changes of the livers were evaluated qualitatively using the index of BERNET, and testicular characterization was analyzed descriptively using standardized terminology to describe the reproductive development of fish, to the indexes gonadosomatic (GSI) and hepatosomatic (IHS) and visceral fat (VF) were submitted to analysis of variance (ANOVA) bifatorial. There was no difference ($p > 0.05$) between the analyzed indices and also no differences were found in histology of the testis, however it was observed on histology of liver, changes as the inclusion of cottonseed in diets. Cottonseed in diets containing levels of inclusion of up to 4.5% does not determine effects on spermatogenesis of broodstock of Nile tilapia.

Key words: aquaculture; alternative ingredients; nutrition; *Oreochromis niloticus*; reproduction.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Boletim do Instituto de Pesca*. Disponível em:<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/INSTRUCTIO NS TO AUTHORS_jul2016.pdf>

SUMÁRIO

Lista de tabelas	11
Lista de figuras	12
capítulo 1. Revisão de literatura	14
1.0 Aspectos gerais sobre a aquicultura no brasil.....	14
2.0 Espécie estudada: tilápia-do-nilo (<i>oreochromis niloticus</i>) linhagem genetic improvement of farmed tilapias (gift)	15
3.0 Ingredientes de origem vegetal na alimentação dos peixes.....	17
4.0 Caroço de algodão	18
5.0 Gossipol: aspectos na digestibilidade de nutrientes e na reprodução de peixes.....	21
6.0 Referências	27
7.0 Objetivos	34
7.1 Objetivo geral	34
7.2 Objetivos específicos	34
8.0 Capítulo 2. Digestibilidade aparente de dietas contendo caroço de algodão pela tilápia do nilo ¹	35
9.0 Introdução	36
10.0 Material e métodos.....	38
11.0 Resultados	41
12.0 Discussão	42
13.0 Conclusões.....	46
14.0 Referências.....	47
15.0 Capítulo 3. Efeito da dieta contendo caroço de algodão sobre a histologia de fígados e testículos pela tilápia do nilo ¹	50
16.0 Introdução	51
17.0 Materiais e métodos	53
18.0 Resultados	56
19.0 Discussão	59
20.0 Conclusão	63
21.0 Referências.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição percentual e nutricional da dieta basal.	39
Tabela 2: Composição centesimal do caroço de algodão e dietas experimentais (base seca) ¹	41
Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade aparente e valores digestíveis da energia e nutrientes (base seca) das dietas experimentais com e sem inclusão de caroço de algodão pela tilápia-do-Nilo ¹	42
Tabela 1: Composição percentual e nutricional da dieta basal.	54
Tabela 2: Valores dos índices gonadossomático (IGS) e hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV) dos machos de tilápia alimentados com níveis de inclusão de caroço de algodão.	56
Tabela 3: Valores médios do número de hepatócitos em tecido hepático da tilápia-do-Nilo alimentada com dietas contendo níveis de inclusão de caroço de algodão.....	57

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Caroço de algodão com línter, casca e amêndoa (A), (B) plumas aderidas ao caroço de algodão. Fonte: LEMES, M.T. (2015). 19
- Figura 2: Parte de um fluxograma mostrando as etapas para obtenção de óleo bruto e como subprodutos a torta e o farelo de algodão. Adaptado de JORGE, 2006. 20
- Figura 3: Caroço de algodão contendo pontos pretos (representando o gossipol). Fonte: LEMES, M.T. 2015. 21
- Figura 1: Índice de Bernet no fígado de *Oreochromis niloticus* alimentadas com diferentes níveis de caroço de algodão. 57
- Figura 2: Corte histológico do fígado de machos de tilápia (HE, objetiva de 40x). Figura mostra setas finas mostram vacuolização de hepatócitos, seta pontilhada presença de melanomacrófagos (tratamento 4,5%). Letra B seta pontilhada em vermelho mostra congestão de sinusóide e setas vermelhas deslocamento de hepatócitos. Letra C mostra a presença de melanomacrófagos no tratamento controle. 57
- Figura 3: Corte histológico dos testículos de tilápia (HE, objetiva de 40x). Figura A mostra o testículo antes do início da alimentação. Figura B, seta aponta a vacuolização do testículo do tratamento controle (sem inclusão de caroço). Figura C, seta mostrando uma vacuolização no testículo que recebeu maior nível de inclusão de caroço na dieta. 58

CAPÍTULO 1. Revisão de literatura

1.0 Aspectos gerais sobre a aquicultura no Brasil

Desde séculos remotos a aquicultura é praticada em várias regiões do mundo, sendo caracterizada como uma atividade que consiste em cultivos de vários organismos aquáticos que podem ser representados por: peixes, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas, podendo desenvolver em qualquer fase que envolva um espaço controlado e confinado (OLIVEIRA, 2009).

Nas últimas cinco décadas, a produção de pescado mundial tem se destacado constantemente e este fato, tem sido impulsionado pela combinação de crescimento populacional, renda per capita e urbanização. A China está entre os países de maior produção, enquanto que o Brasil ocupa a 10º lugar (FAO, 2014).

Mesmo com a atual recessão econômica que o Brasil encontra-se, o setor da aquicultura mostrou um crescimento importante, entre 2004 e 2014, apresentando um incremento percentual anual médio de quase 8%, contra 5,1% para bovinos, 4,1% para o frangos e 2,9% para suínos (KUBITZA, 2015).

Corroborando com esses dados, em 2014 observou-se um aumento de 20,9% na produção total da aquicultura brasileira (IBGE, 2014), esse avanço pode estar relacionado com a demanda por alimentos de alta qualidade, necessidade de produção de fontes proteicas, além da aquicultura ser apontada como estratégia à segurança alimentar mundial por disponibilizar rapidamente fontes proteicas para a população humana (ZIMMERMAN e FITZSIMMONS, 2004)

O Brasil apresenta um grande potencial para o desenvolvimento da atividade aquícola, pois apresenta condições naturais, como clima tropical, relevo (PIZAIA et al., 2008), mão - de-obra abundante, crescente demanda de pescado no mercado interno, (DELLA FLORA et al., 2010) abundância de água doce praticamente em todas as regiões, autossuficiência na produção de grãos e uma vasta extensão territorial de águas represadas em reservatórios de hidrelétricas (OSTRESNKY et al., 2008).

Quando se fala em aquicultura, apiscicultura, que é uma ramo dentro da aquicultura, destaca-se como um setor promissor. No Brasil, o Estado de Rondônia destaca-se entre os

maiores produtores de peixes do país, ocupando a 1º posição no ranking em 2014, seguido pelos Estados de Mato- Grosso e Paraná (IBGE,2014).

Dentre as espécies exóticas comercialmente cultivadas na piscicultura, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi a espécie que obteve maior destaque em 2014 no Brasil, com 198,49 mil toneladas despescadas, o que equivale a 41,9% do total da piscicultura,(IBGE,2014). Além disso, outras características favorecem a sua produção: rápida taxa de crescimento, adaptação a diversas condições de criação, carne de boa qualidade (RIGHETTI et al., 2011), ótimo desempenho, alta rusticidade, facilidade de obtenção de alevinos e grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício (frigoríficos) (MEURER, 2003)

Portanto, a área da aquicultura está gradativamente se destacando com avanços tecnológicos (pesquisas) e apoio de políticas públicas, que visam conciliar o aprimoramento de sistemas de cultivos menos impactantes e mais rentáveis. Atualmente, o Brasil possui cursos de graduação, pós-graduação e centros de pesquisas voltados para áreas concernentes à aquicultura, demonstrando a importância de se investir em conhecimento para que se possa produzir de formas mais sustentáveis, respeitando os recursos naturais que estão paulatinamente se degradando.

2.0 **Espécie estudada:**Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem GeneticImprovementofFarmedTilapias (GIFT)

As tilápias foram introduzidas na década de 70 no Brasil por meio da espécie *Oreochromis niloticus* popularmente conhecida como tilápia-do-Nilo, em que alguns exemplares foram oriundos da Costa do Marfim, porém os primeiros relatos de tilápia no Brasil são da década de 1950 com a *Tilapia rendalli*. (MORO et al.,2013).

Muitas são as características zootécnicas que contribuem para o aumento do cultivo da tilápia, tais como: resistência à doenças, tolerância à diversas condições ambientais, diversidade de produção em regimes e sistemas extensivos; semi-intensivos; intensivos e superintensivo, (ZIMMERMAN e FITZSIMMONS, 2004) aceitabilidade de grande variedade de alimentos tanto de origem animal, quanto vegetal, resistência a baixos teores de oxigênio dissolvido, (TAKISHITA et al., 2009) rusticidade, presença de filés sem espinhos em formato de Y, boas características organolépticas, (FURUYA et al., 2005) além de possuir carne com coloração clara, textura firme, sabor agradável e fácil filetagem (VIEIRA e SILVA et al., 2009).

Na tilapicultura, observa-se uma grande preocupação em melhorias genéticas para as linhagens de tilápias. O mercado consumidor está exigente e as indústrias precisam atender as perspectivas desse mercado (WAGNER et al., 2004). Com isso, surge novas linhagens de tilápias que visam contribuir para essas melhorias.

A linhagem GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapias) está relacionada com um projeto de pesquisa que foi iniciado na Malásia, em abril de 1988, liderada por um órgão não governamental o WorldFish Center. Essa linhagem é composta por quatro linhagens comerciais de tilápia cultivadas na Ásia e outras quatro silvestres de cultivo Africano (GUPTA e ACOSTA, 2004)

O Brasil foi um dos primeiros da América Latina a receber tilápias geneticamente melhoradas. Em março de 2005, a Estação Experimental da Universidade Estadual de Maringá (UEM- Codapar) recebeu 30 famílias de tilápias da linhagem GIFT, a partir de um projeto em conjunto com WorldFish Center e com o apoio da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP (LUPCHINSKI JÚNIOR et al., 2008).

Vários estudos demonstram que as linhagens melhoradas geneticamente (não só a GIFT) possuem um desempenho satisfatório, quando comparadas com tilápias não melhoradas. FÜLBER et al., (2010) avaliando o desempenho produtivo de três linhagens de tilapia-do-Nilo Bouaké (BOU), Chitralada (CHI) e GIFT, verificaram que a linhagem GIFT, apresentou um melhor desempenho para ganho em peso, rendimento e peso do filé. Comparando o desempenho inicial de quatro linhagens comerciais de tilápias denominadas: Bouaké, GIFT, Supreme e Chitralada, MASSAGO et al., (2010) verificaram que a taxa de sobrevivência das três últimas linhagens foram acima de 80% e com relação ao desempenho zootécnico as linhagens GIFT e Supreme apresentaram resultados satisfatórios.

Durante um experimento realizado com três linhagens de juvenis de tilapia-do-Nilo GIFT, Bouaké e Chitralada MARENGONI (2008), constatou que houve diferença significativa para a sobrevivência entre as linhagens, sendo que a GIFT superou com 96,80%, contudo o ganho de peso, a biomassa final e a conversão alimentar não diferenciaram significativamente entre as linhagens.

Sendo assim, espécies melhoradas geneticamente estão ganhando espaço no mercado consumidor e também na aquicultura. Pesquisas concernentes na área de genética tornam-se essenciais para o desenvolvimento de linhagens que atendam as perspectivas demandadas.

3.0 Ingredientes de origem vegetal na alimentação dos peixes

A alimentação é um dos fatores essenciais para um bom desenvolvimento de qualquer espécie animal, em particular, os peixes precisam de uma nutrição com adequadas fontes proteicas, para que proporcione um bom crescimento e rendimento (LAZZARI et al., 2006). A utilização de fontes proteicas de boa qualidade e alternativas, visam reduzir o custo da ração sem alterar o desempenho dos peixes, já que a proteína é um nutriente que mais onera o valor da ração (TACHIBANA e CASTAGNOLLI, 2003).

Quando se formula dietas para os peixes, as exigências nutricionais devem ser atendidas, pois caso sejam desbalanceadas afetam negativamente o aproveitamento dos nutrientes, sendo que estes quando inferiores ou acima do exigido interferem na digestibilidade e absorção de nutrientes (PEZZATO et al., 2004), podendo influenciar na reprodução, desenvolvimento gonadal, número e a qualidade de ovócitos e espermatozoides, (NAVARRO et al., 2006).

Nos últimos anos, observou-se um crescimento concernente ao uso de ingredientes de origem vegetal na elaboração de dietas para peixes, esse fato está relacionado com a disponibilidade constante ao longo do ano, composição homogênea e custo relativamente inferior, quando comparados com ingredientes de origem animal (BERGAMIN et al., 2013).

Quando se trabalha com ingredientes de origem vegetal é importante destacar que apesar dos seus benefícios existem também fatores que podem prejudicar o desempenho zootécnico e reprodutivo das espécies não só de peixes (monogástricos) como também os poligástricos. A maioria desses ingredientes possuem algum tipo de limitação ao uso, como fatores antinutricionais e baixos níveis de aminoácidos essenciais (TYSKA et al., 2013).

O termo “antinutricional” tem sido empregado para descrever compostos ou classes presentes em extensas variedades de alimentos de origem vegetal, que ao serem consumidos podem reduzir o valor nutritivo desses, além de interferirem na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes (BENEVIDES et al., 2011; GRIFFITHS et al., 1998). Muitos fatores antinutricionais estão presentes nos vegetais na forma natural, com o objetivo de proteção contra ataques de fungos, bactérias e insetos (LEITE et al., 2012).

É importante entender que os fatores antinutricionais podem ser divididos em grupos, neste caso, FRANCIS et al. (2001) adotaram a seguinte divisão:

- (1) fatores que alteram a digestão e utilização de proteínas, tais como: taninos, lectinas;

- (2) fatores que afetam a utilização de minerais: fitatos, pigmentos de gossipol, oxalatos, glucosiolatos;
- (3) antivitaminas;
- (4) variadas substâncias tais como: micotoxinas, nitratos, alcaloides e saponinas.

Apesar de os fatores antinutricionais estarem presentes em alimentos de origem vegetal, não implica que todos esses alimentos prejudicarão no desenvolvimento dos animais. Há uma dependência em relação a substância presente no ingrediente, o tempo de exposição ao alimento, a quantidade, a técnica utilizada para a elaboração da ração e a espécie em questão (PINTO et al., 2000).

Existem alguns métodos que podem ser empregados com a finalidade de redução dos fatores antiutricionais nos alimentos de origem vegetal. No estudo do efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e fatores antinutriciais do feijão RAMÍREZ-CÁRDENAS et al. (2008) observaram que a utilização do tratamento térmico através do cozimento, promoveu uma diminuição significativa de tanino. A utilização do processamento térmico também foi verificado no estudo sobre atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas, o resultado obtido demonstrou satisfatório quando, as linhagens de soja foram submetidas ao processamento térmico reduzindo a atividade inibidora da tripsina (CARDOSO et al., 2007).

A adição de enzimas e sais também podem ser empregados como técnicas para redução de fatores antinutricionais, um exemplo é a inativação do gossipol (fator antinutricional presente no algodão) por adição de sais de ferro como sulfatoferroso às dietas (CHIBA, 2001).

4.0 Caroço de algodão

O Brasil se destaca por apresentar uma diversidade de culturas, e isso o coloca como um dos grandes produtores mundiais de grãos. Segundo dados da CONAB (2015), para safra de 2015/2016, o comitê tem uma expectativa de crescimento de 2,26%, atingindo um patamar de 24,9 milhões de toneladas na produção de algodão.

O caroço de algodão (**Figura 1**) é constituído pelas seguintes porções: casca, línter e plumas. As plumas são utilizadas pela indústria têxtil, restando a fibra, composta pelo línter (que corresponde a 10% do caroço de algodão e possui alta digestibilidade) (FERNANDES *et al.*, 2002), casca e amêndoa (FERNANDES et al., 2002; ROGÉRIO et al., 2003).

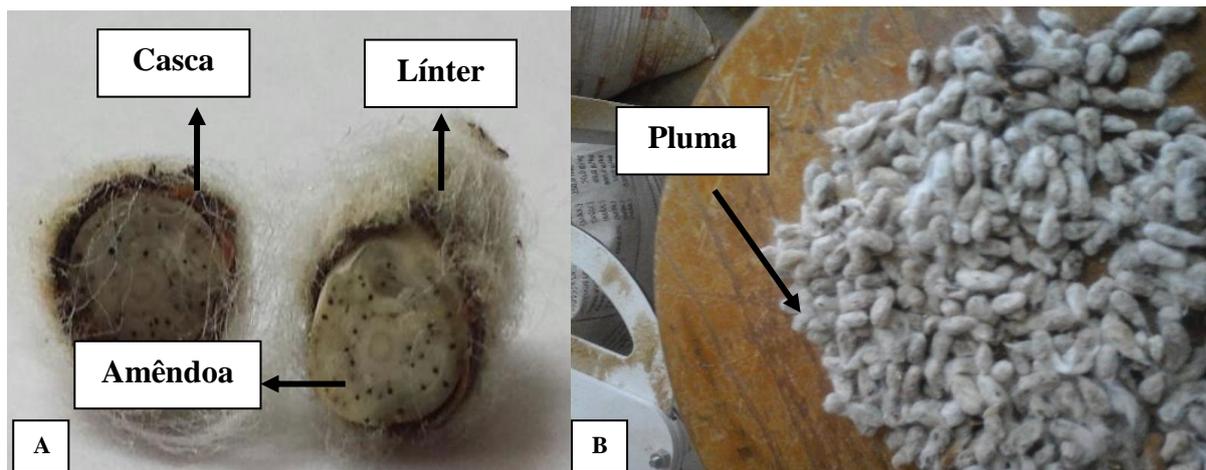


Figura 1: Carço de algodão com línter, casca e amêndoa (A), (B) plumas aderidas ao carço de algodão. Fonte: LEMES, M.T. (2015).

Quando se fala em obtenção dos subprodutos do carço de algodão é importante esclarecer que existem processos distintos para produção dos subprodutos e que o carço de algodão é um material resultante da retirada das fibras da pluma.

A obtenção do farelo de algodão (**Figura 2**) é resultante da extração de óleo contido no carço, o grão pode sofrer prensagem hidráulica (processo físico) ou utilização de solvente (processo químico) (PAIM, 2010). O fato de extração de óleo poder ser feita por prensagem ou utilização de solvente, resulta em dois tipos de torta ou farelo, neste caso, o farelo produzido por prensagem tem menores teores de proteína, contudo maior quantidade de energia devido ao óleo residual, já o resultante da extração por solvente tem menor teor de óleo residual (CARDOSO, 1998).



Figura 2:Parte de um fluxograma mostrando as etapas para obtenção de óleo bruto e como subprodutos a torta e o farelo de algodão. Adaptado de JORGE (2006).

A utilização de caroço e subprodutos do algodão na alimentação animal vem se destacando positivamente na área da nutrição, sendo o algodoeiro (*Gossypium* spp) cultivado para produção de fibras, óleo e como subproduto do algodão, o farelo vem se destacando mundialmente como a segunda mais importante fonte ou suplemento proteico disponível para a alimentação animal, apenas sendo ultrapassado pela soja (GADELHA et al., 2011).

Em relação à utilização de subprodutos para alimentação de peixes, há uma certa limitação de trabalhos concernentes ao uso desse ingrediente em relação a ruminantes. O que se observa é uma grande quantidade de trabalhos voltados para ruminantes ou outros poligástricos, devido ao fato dos mesmos possuírem capacidades maiores de tolerar gossipol.

Dependendo da espécie e os níveis de substituição ou inclusão dos subprodutos do caroço de algodão, os peixes podem desenvolver algum tipo de alteração histológica em seus órgãos reprodutivos, fígados, e até mesmo baixo rendimento zootécnico (SALARO et al., 1999; GALDIOLI et al., 2001; YLDIRIM et al., 2003; EL-SAIDY e GABER, 2004).

Sendo assim, o caroço de algodão incluso diretamente em rações para peixes, ainda é pouco estudado, visto que uma das grandes preocupações inerentes aos subprodutos do caroço de algodão está relacionado com o fator antinutricional: o gossipol.

5.0 Gossipol: Aspectos nadigestibilidade de nutrientes e na reprodução de peixes

Uma das preocupações concernentes ao uso dos subprodutos do algodão é a presença degossipol, um pigmento fenólico de coloração amarelada, produzido pelas glândulas de pigmento encontradas nas raízes, partes aéreas e sementes de algodão, podendo ser visto a olho nú, como mostrado na (**Figura 3**) (SOTO-BLANCO,2008; GADELHA et al.,2011).

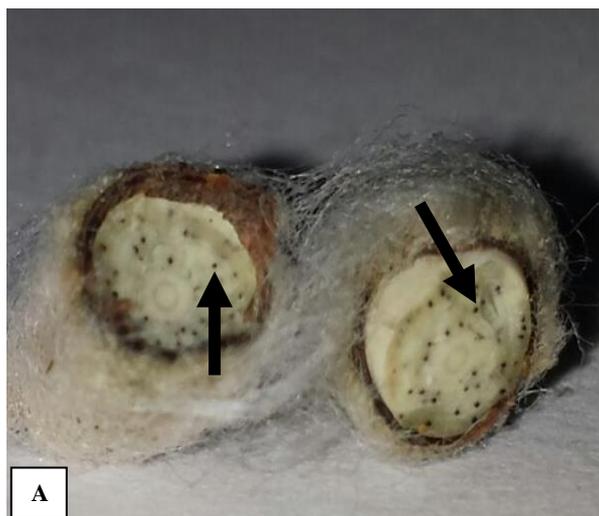


Figura 3: Carvão de algodão contendo pontos pretos (representando o gossipol). Fonte: LEMES.M.T. 2015.

Existem duas formas em que o gossipol é encontrado, na sua forma livre e total. Durante o processamento do farelo, o gossipol livre (que está presente *in natura* no caroço de algodão), é ligado a proteína, formando o gossipol ligado, o qual torna aminoácidos indigestíveis (MARTIN, 1990). Geralmente a forma ligada do gossipol tem reduzida atividade biológica, considerada “inerte” quando consumida por monogástricos, todavia no farelo de algodão processado, o gossipol livre mais o gossipol ligado se transformam em gossipol total (KLEEMANN et al.,2009), o qual se liga principalmente a lisina, tornando-a indisponível.

O gossipol é um composto altamente reativo, que se liga rapidamente a diferentes substâncias, incluindo minerais e aminoácidos. Dentre os minerais aos quais ocorre a ligação, o principal é o ferro, dando origem ao complexo gossipol-ferro, que neste caso, o ferro não é utilizado, desenvolvendo uma deficiência neste metal (GADELHA et al.,2011), sendo o gossipol uma potente toxina que forma complexos estáveis com cátions, podendo produzir anemia (SOUZA E HAYASHI, 2004).

Existem vários fatores que podem influenciar na presença de gossipol na planta, havendo correlação positiva com a pluviosidade e negativa com a temperatura e o genótipo da

planta, sendo que as espécies de algodão *G. barbadense* apresenta maior concentração do que *G. hirsutum* (GADELHA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

O caroço de algodão é muito utilizado diretamente na alimentação de ruminantes, que degradam facilmente o gossipol presente no algodão devido à detoxificação ruminal, sendo assim mais tolerantes que os monogástricos (BARBOSA e GATTÁS, 2004). Estudos desenvolvidos na área da nutrição animal buscam substitutos da proteína de soja por outras fontes proteicas, para obtenção de dietas mais econômicas. O farelo de algodão tem sido utilizado como fonte proteica sucedânea em rações para peixes tropicais, porém as consequências dessa prática permanecem indefinidas (SALARO et al., 1999).

Sua presença, tem limitado seu uso em rações de não-ruminantes como suínos e aves, pois está ligado diretamente com interferências na reprodução, contudo, para algumas espécies de peixes, o gossipol é tolerado dependendo do nível que se encontra (CHENG e HARDY, 2002).

Segundo FURUYA et al. (2001), a presença de fatores antinutricionais juntamente com o processamento aplicado as dietas influenciam o valor nutritivo dos alimentos, o que pode estar relacionado com valores diferentes encontrados por diversos autores.

Outro fator importante é a obtenção do farelo de algodão para alimentação animal que é um processo que diferencia da inclusão diretamente do caroço na dieta, esse fato, pode também influenciar diretamente nos resultados em relação à digestibilidade.

Com relação a estudos com digestibilidade para peixes, verifica-se que os trabalhos na área de digestibilidade utilizam como subproduto do algodão o farelo e não o caroço *in natura*. Neste caso, há a evidente falta de informações relativas a esse assunto. A avaliação do coeficiente de digestibilidade de dietas com inclusão de caroço de algodão para alimentação de peixes tem sido pouco estudada.

Em trabalhos de digestibilidade analisando o gossipol presentes nos subprodutos de algodão (farelo de algodão) para a espécie *Centropristis striata* ANDERSON et al. (2016), constataram que farelos com níveis de gossipol de 1,195% afetaram na digestibilidade da proteína bruta em relação a rações contendo teores inferiores (0,034% e 0,023%). YUE e ZHOU (2008), analisando a substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão para *Oreochromis niloticus* e *Oreochromis aureus* verificaram que o coeficiente de digestibilidade da matéria seca da dieta diminuiu significativamente com o aumento da substituição e com os níveis de gossipol.

Diferentemente do que a maioria dos trabalhos relatam com relação ao gossipol, presente nos subprodutos do algodão para a alimentação de peixes, COOK et al. (2016) trabalhando com avaliação de vários produtos de semente de algodão sobre o desempenho do crescimento e digestibilidade em *Trachinotus carolinus* verificaram que dietas que continham um nível maior de gossipol (2,0g/kg de gossipol livre) apresentaram um coeficiente de digestibilidade de proteína bruta maior do que a dieta que apresentava 0,08g/de gossipol, segundo o mesmo autor, a razão para este fenômeno ainda não é clara, mas pode estar relacionada com os processos de extração de gossipol utilizado.

Corroborando com os dados referentes aos estudos com farelo de algodão, LEE et al. (2006), analisaram os efeitos da dieta contendo níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de algodão (0; 25; 50; 75; e 100) no desempenho e performance reprodutiva de truta arco-íris em um estudo de três anos, os autores observaram que o CDA da proteína bruta diminuía gradativamente com o aumento da substituição do farelo de algodão.

Outra evidência importante em relação ao uso de subprodutos do algodão foi verificado no trabalho de CHENG e HARDY (2002), que analisaram o coeficiente de digestibilidade aparente e o valor nutricional do farelo de algodão de quatro regiões diferentes dos Estados Unidos para a espécie *Oncorhynchus mykiss*, segundo os autores, o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta de uma determinada região dos Estados Unidos por ter níveis baixos de gossipol, apresentou valor de proteína bruta maior, em comparação com outros farelos de diversas regiões dos Estados Unidos, demonstrando que o gossipol pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes.

O gossipol não interfere apenas na digestibilidade, há estudos que relatam outras interferências que o gossipol pode ocasionar no desempenho zootécnico de peixes. ANDERSON et al. (2016), relataram uma menor taxa de crescimento e a sobrevivência dos peixes quando submetidos a rações contendo níveis de gossipol de 1,195%, YLDIMIRIM et al. (2003), analisando o desempenho e performance de *Ictalurus punctatus* com dietas suplementadas com níveis crescentes de gossipol constaram que os peixes alimentados com dietas com níveis de 1.500mg/kg^{-1} de gossipol apresentaram menor ganho de peso em relação a níveis inferiores, o que também pode ser observado no trabalho de HONG SUN et al. (2015) (*Acanthopagrus schlegelii*), uma redução no crescimento e eficiência alimentar quando altos níveis dietéticos de farelo de algodão contendo gossipol foram incluídos nas rações para peixes.

Em se tratando dos efeitos do gossipol na reprodução animal, alguns resultados são observados: redução na qualidade do sêmen, interferência no ciclo estral das fêmeas, interrupção do desenvolvimento embrionário precoce, alterações na morfologia e na morfometria dos testículos em ruminantes (GADELHA et al., 2011; SANTOS et al., 2013), além da diminuição da espermatogênese, observados em alevinos de tilápia (SALARO et al., 1999).

O efeito negativo do gossipol na reprodução já evidenciou-se na década de 1970 na China, em que o “bolo” de algodão (sobra da extração de óleo), era consumido por animais e homens, em épocas de seca, devido a poucas fontes alternativas de alimento, esse fato chamou a atenção de farmacêuticos chineses sobre o efeito contraceptivo do gossipol na reprodução (COUTINHO, 2002).

Quando se fala em gossipol na reprodução animal, existem vários trabalhos que trazem informações a respeito de alterações provocadas nos órgãos reprodutores e na histologia de outros órgãos de peixes, além de um contraste de informações a respeito do efeito do gossipol. GARCIA-ABIADO et al. (2004) trabalhando com os efeitos da dieta contendo gossipol sobre os parâmetros sanguíneos e estrutura do baço em tilápias, verificaram que o fator antinutricional aumentava com o farelo crescente na dieta, observando um aumento proporcional de gossipol total no fígado e nas gônadas, o que conseqüentemente poderia interferir no crescimento e na reprodução desses peixes.

Outro dado interessante foi encontrado no trabalho de KLEEMANN et al. (2011), que verificaram os efeitos da substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão pela tilápia-do Nilo, observaram uma baixa presença de gossipol total no fígado, ausência de gossipol livre e com relação as análises macroscópicas no fígado, não foram observadas alterações na forma, cor e consistência do órgão. Esses achados também corroboram com o trabalho de CAI et al. (2011), que não observaram nenhuma alteração histológica (tamanho das células hepáticas e núcleos), quando *Carassius auratus gibelio* e *Cyprinus carpio* foram alimentados com farelo de algodão e gossipol livre.

EL-SAIDY e GABER (2004), trabalhando com o uso do farelo de algodão suplementado com ferro para a desintoxicação do gossipol pela tilápia-do-Nilo, observaram que os índices gonadosomáticos dos machos não foi influenciado por dietas com ou sem suplementação de ferro, enquanto que para as fêmeas teve diferença significativa em relação as

dietas suplementadas com ferro, observando menores valores de índice com a substituição de 100% do farelo de peixe pelo farelo de algodão sem ferro.

Contrastando com os efeitos negativos do gossipol na reprodução, LEE et al. (2006) trabalhando a longo prazo com a substituição da farinha de peixe pela farinha de algodão no desempenho reprodutivo da truta arco-íris, observaram que a densidade espermática, motilidade espermática, sobrevivência do embrião em fase de observação, hormônios esteróides sexuais no plasma dos machos e o peso total de ovos e hormônios esteróides sexuais no plasma das fêmeas, no terceiro ano do presente estudo, não foram significativamente afetados pela farinha de algodão.

Em um estudo realizado com *Cyprinus carpio*, WANG et al. (2015), analisando os efeitos dos níveis de farelo de algodão contendo gossipol no fígado e sobre a histologia das gônadas, relataram que o fígado apresentou retração de hepatócitos e aumento no número de células hepáticas de menor tamanho, no entanto não foram observados evidências de danos estruturais. Com relação a histologia das gônadas, o grupo com maior quantidade de inclusão (54%) de farelo de algodão, apresentou um aumento na quantidade de espermatozóitos primários no testículo e uma diminuição na proporção de espermatozóides, contudo não foram observados danos estruturais, porém segundo os autores, o gossipol pode interferir na espermatogênese.

Outros estudos também relataram os efeitos que o gossipol pode provocar quando se trata especificamente de peixes. SALARO et al. (1999a), trabalhando com o desempenho e espermatogênese de alevinos de tilápia alimentados com farelo de algodão verificaram que as análises histológicas das gônadas dos machos demonstraram uma influência do gossipol sobre a atividade testicular comprometendo o desempenho reprodutivo dos peixes. No trabalho sobre o efeito da inclusão do farelo e da farinha de semente de algodão para reprodutores de tilápia SALARO et al. (1999b) observaram, por meio de análises histológicas das gônadas do machos, que houve de uma forma acentuada, a ação do gossipol no processo da atividade testicular, em que se observou um aumento do tecido intersticial, o que segundo os mesmos autores, é uma característica de alteração provocada pelo gossipol.

Outras evidências também foram relatadas por EVANS et al. (2010), que analisando as mudanças histológicas de alguns órgãos do *Ictalurus punctatus* alimentado com dietas contendo níveis crescentes de gossipol (até 1500mg/kg⁻¹) observaram que os peixes alimentados com os maiores níveis de gossipol apresentaram partes do fígado com os seguintes aspectos: necrose

coagulativa multifocal ou difusa; necrose difusa grave caracterizada por vacuolização hepatocelular e presença de pigmentação no fígado.

Com base nos trabalhos concernentes ao uso de gossipol na alimentação animal, verifica-se que grande parte dos estudos, mostram um efeito negativo do gossipol na reprodução e alterações histológicas em determinados órgãos, no entanto alguns trabalhos relatam que dependendo do nível de gossipol presente na alimentação e a espécie estudada, esse fator antinutricional pode ser tolerado, por algumas espécies de peixes.

Sendo assim este trabalho objetivou verificar se a inclusão do caroço de algodão *in natura*, alteraria na digestibilidade e na histologia de fígado e no testículo da tilápia-do-Nilo.

O primeiro capítulo intitulado “Digestibilidade aparente de dietas contendo caroço de algodão pela tilápia -do -Nilo, teve por objetivo, avaliar os efeitos da inclusão de caroço de algodão sobre os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da energia e nutrientes da dieta pela tilápia-do-Nilo.

O segundo capítulo intitulado “Efeito da dieta contendo caroço de algodão sobre a histologia de fígado e testículo pela tilápia-do-Nilo”, teve por objetivo verificar se os níveis de inclusão de caroço de algodão na dieta afetou a histologia do testículo e fígado. Ambos os capítulos estão de acordo com as normas da revista Boletim do Instituto de Pesca.

6.0 Referências

ANDERSON, A. D.; ALAM, M.S.; WATANABE, W.O.; CARROLL, P.M.; WEDEGAETNER, T.C.; DOWD, M.K. 2016 Full replacement of menhaden fish meal protein by low-gossypol cottonseed flour protein in the diet of juvenile black sea bass *Centropristis striata* *Aquaculture* 464: 618–628.

BARBOSA, F.F.; GATTÁS, G. 2004 Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. *Revista Eletrônica Nutritime* v. 1, n. 3, p. 147- 156.

BERGAMIN, G. T.; VEIVERBERG, C. A.; SILVA, L. P.; PRETTO, A.; SIQUEIRA, L. V.; NETO, J. R. 2013 Extração de antinutrientes e aumento da qualidade nutricional dos farelos de girassol, canola e soja para alimentação de peixes, *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, p.1878-1884.

BENEVIDES, C.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, D.B.; LOPES, M.V.; 2011 Fatores antinutricionais em alimentos: revisão *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, 18(2): 67-79.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, F.; MEURER, F. *et al.* 2001 Farinha de peixe, carne e ossos, vísceras e crisalidas como atráctantes em dietas para alevinos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p.1397-1402.

CAI, C.; LI, E.; YE, Y.; KROGDAHL, A.; JIANG, G.; WANG, Y.; CHEN, L. 2011 Effect of dietary graded levels of cottonseed meal and gossypol on growth performance, body composition and health aspects of allogynogenetic silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio* x *Cyprinus carpio*. *Aquaculture nutrition*, v.17, n.4, p.353-360.

CARDOSO, L.R.; OLIVEIRA, M.G.A.; MENDES, F.Q.; PIRES, C.V.; RIBEIRO, F.R.; SANT'ANA, R.C.O.; MOREIRA, M.A. 2007 Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas *Alim. Nutr.*, Araraquara v.18, n.1, p.19-26.

CARDOSO, E. G. **Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal.** CIRCULAR TÉCNICA. Campina Grande: Seriema Ind. Gráfica e Editora Ltda, nº 7, v.1, p. 255-267, 1998. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/241161/1/14265.pdf> Acesso em: 20 julh.2016

COOK, R.L.; ZHOU, Y.; RHODES, M.A.; DAVIS, D.A. 2016 Evaluation of various cottonseed products on the growth and digestibility performance in Florida pompano *Trachinotus carolinus* *Aquaculture* 453:10–18.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária 2015 Brasília v.3, 1-1130. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 22 set.2016.

COUTINHO, E.M. 2002 Gossypol: a contraceptive for men Review article *Contraception* 65: 259-263.

CHENG, Z.J., HARDY, R.W. 2002 Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 212: 361–372.

CHIBA, I.L. *Protein supplements* In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. 2001 (Eds.) Swinenutrition. Washington, D.C.:p.803-837.

DELLA FLORA, M.A.; MASCHKE, F.; FERREIRA, C.C.; PEDRON, F.A. 2010 Biologia e cultivo do dourado (*Salminus brasiliensis*) *Acta Veterinaria Brasilica*, v.4, n.1, p.7-14.

EL-SAIDY, D.M.S.D.; Gaber. M.M. 2004 Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets *Aquaculture Research* 35: 859-865.

EVANS, J.J.; PASNIK, D.J.; YLDIMIRIM AKSOY, C.L.; KLESZIUS, P.H. 2010 Histologic changes in channel catfish, *Ictalurus punctatus* rafinesque, fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid *Aquaculture Nutrition* 16: 385-391.

FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and challenges. 2014 Rome, p 223.

FABREGAT, T.E.P.; PEREIRA, T.S.; BOSCOLO, C.N.; ALVARADO, J.D.; FERNANDES, J.B.K. 2011 Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para juvenis de curimba *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, 37(3): 289 – 294.

FARIA, A.C.E.A.; HAYASSHI, C.; SOARES, C.M. 2001 Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988) *Acta Scientiarum* Maringá, v. 23, n. 4, p. 835-840.

FERNANDES, J. J. R.; PIRES, A.V.; SANTOS, F. A. P.; SUSIN, I.; SIMAS, J. C. 2002 Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação, *Acta Scientiarum* Maringá, v. 24, n. 4, p. 1071-1077.

FRANCIS, G. MAKKAR, R.P.S.; BECKER, K. 2001 Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish *Aquaculture* 199:197–227.

FULBER, V.M.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.D.; BRACCINI, G.L.; MARENGONI, N.G.; GODOY, L.C. 2010 Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dois níveis de proteína *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, v. 32, n. 1, p. 77-83.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M.; LANNA, E.A.T. 2001 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.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA, T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 2005 Aplicação do conceito de proteína ideal

para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1433-1441.

GADELHA, I. C. N.; RANGEL, A. H. N.; SILVA, A. R.; SOTO-BLANCO, B. 2011 Efeitos do gossipol na reprodução animal. *Acta Veterinaria Brasílica*, v.5, n.2, p.129-135.

GALDIOLI, E. M., HAYASHI, C., FARIA, A.C.A; D., SOARES, C. M. 2001. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de depiaçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello&Britski, 1988) *Acta Scientiarum*, 23, 841–847.

GARCIA-ABIADO, M.A.; MBAHINZIREKI, G.; RINCHARD, J.; DRABROWWSK, K. 2004 Effect of diets containing gossypol on blood parameters and spleen structure in tilapia, *Oreochromis* sp., reared in a recirculating system. *Journal of Fish Diseases* 27: 359–368.

GUPTA, M. V.; ACOSTA, B. O. 2004 From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. NAGA - *Worldfish Center Quarterly*, v. 27, p. 4-14.

GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. 1998 Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, Invergowrie, v. 73, n. 1, p. 1-18.

HONG SUN; JIANG-WU TANG A.; XIAO-HONG YAO; YI-FEI WU; XIN WANG; YONG LIU; BAO LOU. 2015 Partial substitution of fish meal with fermented cottonseed meal in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) diets, *Aquaculture*, 446 30–36.

IBGE. 2014 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro, v.42, p.1-39. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 22 set.2016.

JORGE, F.A.S. 2006 *Estudo da adsorção do gossipol existente em óleo de semente de algodão* Ceará, Brasil 71f (dissertação de mestrado, área de concentração: tecnologia de alimento). Disponível em: <<http://www.ppgcta.ufc.br/fernandojorge.pdf>> Acesso em: 22 set.2016

KLEEMANN, G.K.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. 2009 Valor nutricional do farelo de algodão para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, v. 31, n. 1, p. 87-94.

KLEEMANN, G.K.; DALPAI, M.; PEZZATO, L.E.; TEIXEIRA, C.P.; PADOVANI, C.R.; BARROS, M.M. 2011 Farelo de algodão como sucedâneo do farelo de soja em rações para tilápia-do-Nilo *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, Salvador, v.12, n.3, p.805-818.

KUBTIZA, F. 2015 Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios *Panorama da aquicultura*, volume 25, n.150, 10-23
LAZZARI, R.; RADUNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; COSTA, M.L.; LOSEKANN, M.E.; CORREIA, V.; BOCHI, V.C. 2006 Diferentes fontes proteicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*) *Ciência Rural*, v.36, n.1.

LEE, K.J.; RINCHARDA, J.; DABROWSKIA, K; BABIAKA,I.; OTTOBREC, J. S.; CHRISTENSEN, J.E. 2006 Long-term effects of dietary cottonseed meal on growth and reproductive performance of rainbow trout: Three-year study. *Animal Feed Science and Technology* 126 93–106.

LEITE,P.R.S.C.; MENDES,F.R.; PEREIRA,M.L.R.; LACERDA,M.J.R. 2012 Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p.1138-1157.

LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J. A.; RIBEIRO, R. P.; MANGOLIM, C. A.; LOPERABARRERO, N. M. 2008 Avaliação da variabilidade das gerações G0 e F1 da linhagem GIFT de tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. *Acta Scientiarum. Animal Science*, v. 30, n. 2, p. 233-240.

MARENGONI, N. G.; POSSAMAI, M.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, A. A. M. A. 2008 Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápiado-Nilo em hapas. *ActaScientiarum. Animal Sciences*, v.30, n.3, p.351-358.

MARTIN, S. D. Gossypol effects in animal feeding can be controlled. *Feedstuffs* 1990 v. 62, n. 1, p. 14-17.

MASSAGO, H.; CASTAGNOLLI, N.; MALHEIROS, E.B.; KOBERSTEIN, T.C.C.; SANTOS,M.A.; BIBEIR,R.P. 2010 Crescimento de quatro linhagens de tilápiado-Nilo (*Oreochromis niloticus*) *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 397-403.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. 2003 Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápiado-Nilo durante a reversão sexual *Bras. Zootec.*, v.32, n.2, p.262-267.

MORO, G.V.; REZENDE, F. P.; ALVES, A. L.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S. 2013 *Espécies de Peixe para Piscicultura*. In: Rodrigues, A.P.O.; LIMA, A.; ALVES, A.L.; ROSA, D.K.; TORATI, L.S.; SANTOS, V.R.V. (Org.). *Piscicultura de Água Doce: Multiplicando Conhecimentos*. 1ed.Brasília: EMBRAPA,p. 29-70.

NAVARRO, R.D., MATTA, S.L.P., LANNA, E.A.T., DONZELE, J.L., RODRIGUES, S.S., SILVA, R.F., CALADO, L.L.; RIBEIRO FILHO, O.P. 2006 Níveis de energia digestível na dieta de piaçu no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. *Zootec. Trop.*, v.24 p. 153-163.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; SANTOS, J. S.; VIDAL NETO, F. C.; ALBUQUERQUE, E. M. 2013 Variabilidade físico-química entre intraplanta de sementes de algodão, *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 11, Supl. 2, p. 527-533.

OLIVEIRA,R.C. 2009 O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, vol.2, nº1,71-89.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.; CHAMMAS, M. A. 2008 *Potencial para o Desenvolvimento da Aquicultura no Brasil*. In: Ostrensky, A; Borghetti, J.R; Soto, D. (Org.). *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília - DF: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) v. I, p. 159-182.

PAIM, T.P.; LOUVANDINI, H.; MC MANAUS, C.M.; ABDALLA, A.L. 2010 Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes *Ciênc. vet. tróp.*, Recife-PE, v. 13,nº1/2/3, p. 24 – 37.

PINTO, L.G.Q.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; 200 FURUYA, W.M. Ação do tanino na digestibilidade de dietas pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) *Acta Scientiarum*22(3):677-681.

PEZZATO, L. E.; FRACALOSSID, M.; CYRINO, J.E.P. 2004 *Nutrição de Peixes*. In: CYRINO.J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Org.). *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. 1ed.São Paulo: TecArt, v. 1, p. 75-170.

PIZAIA, G.; CAMARA, G.R.M.; SANTANA, A.M.; ALVES, R. 2008 A piscicultura no Brasil: um estudo sobre a produção e comercialização de “*Oreochromis niloticus*”. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Pôster. Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho.

RAMÍREZ-CÁRDENAS.L.; LEONEL, A.J.; COSTA, N.M.B. 2008 Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(1): 200-213.

RIGHTETTI, J. S.; FURUYA, W. M.; CANJERO, C. I.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; MICHELATO, M. 2011 Redução da proteína em dietas para tilápias-do-Nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. *R. Bras. Zootec.* v.40, n.3, p.469-476.

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G.S.S.; TEIXEIRA, D.A.B. 2003 Uso de caroço de algodão na ração de ruminantes *Arq. cie. vet. zoo.* UNIPAR- UMUARAMA, v.6, nº1, p.85-90.

SALARO, A.L.; PEZZATO, L.E.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. 1999 Efeito da Inclusão do Farelo e da Farinha de Semente de Algodão em rações para reprodutores de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) *Rev. bras. zootec.*, v.28, n.6, p.1169-1176.

SALARO, A.L.; PEZZATO, L.E.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. 1999 Desempenho e espermatogênese de alevinos de tilápia alimentados com farelo ou farinha de semente de algodão *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.3, p.449-457.

SANTOS, E.L.; CAVALCANTI, M.C.A.; FREGADOLLI, F.L.; MEMENES, D.R.; TEMOTEO, M.C.; LIRA, J.E.; FORTES, C.R. 2013 Considerações sobre o manejo nutricional

e alimentar de peixes carnívoros *Revista eletrônica nutritime* –Artigo 191, v. 10 – nº 01 – p. 2216 – 2255.

SILVA, E.C.S.; FILHO, M.P.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D.R.; SILVA, R.C.S. 2006 Substituição de proteínas de origem animal por proteínas de origem vegetal na dieta para o tucunaré paca (*cichlaspa*). *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, Belém, v. 6, n. 1, p. 121 - 131

SOTO-BLANCO, B. 2008 Gossipol e fatores antinutricionais da soja,.In: SPINOSA H.S., GÓRNIK, S.L.; PALERMO NETO J. (ed.) *Toxicologia Aplicada à Veterinária*. Manole, São Paulo. p.531-545.

SOUZA, R.S.; HAYASHI, C. 2004 Desempenho de alevinos de tilápia-do-Nilo submetidos a diferentes níveis de inclusão do farelo de algodão *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 25, n. 2, p. 151-158.

TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. 2003 Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade? *Panorama da Aquicultura*, v.13, n.75, p.55-57.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; BOMFIN, M.A.D.; QUADROS, M.; SOUZA, M.P. 2009 Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 38, n. 11, p. 2099-2105.

TYSKA, D.; MALLMANN, C. A.; CORRÊIA, V.; TAMIOSSO, C. D.; MALLMANN, A. O.; NETO, J. R. 2013 Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdiaquelen*), *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.7, p.1251-1257.

VIEIRA e SILVA, F.; SARMENTO, N.L.A.F.; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J.A.; SANTOS OLIVEIRA, L.L.; SARAIVA, E.P. 2009 Características morfométricas, rendimento de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-Nilo em diferentes faixas de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 8, p. 1407-1412

WAGNER, P. M.; RIBEIRO, R. P.; MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; POVH, J. A. 2004 Avaliação de desempenho produtivo de linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromisniloticus*) em diferentes fases de criação. *ActaScientiarum Animal Science*, Maringá, v.26, n.2, p.187-196.

WANG, X.F.; LI, X.Q.; LENG, X.J.; SHAN, L.L.; ZHAO, L.S.; WANG, Y.T. 2015 Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) *Aquaculture* 428–429:79–87.

YUE, Y. R and ZHOU, Q. R.; 2008 Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromisniloticus* × *O. aureus* *Aquaculture* 284 185–189.

YILDIRIM, M.; LIM, C.; WAN, PETER, J.; KLESZIUS, P.H. 2003 Growth performance and immune response of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing graded levels of gossipol–acetic acid *Aquaculture* 219 751–768.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS. K. 2004 *Tilapicultura intensiva*. IN: Cyrino, J.E.P (Ed.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. TecArt, São Paulo, Brasil, p.239-266.

7.0 Objetivos

7.1 Objetivo geral

- Avaliar a inclusão de caroço de algodão em dietas para tilápia – do Nilo.

7.2 Objetivos específicos

- Verificar se as dietas contendo caroço de algodão influenciará na digestibilidade de nutrientes pela tilápia-do-Nilo;
- Avaliar por meio de análises histológicas, possíveis alterações histopatológicas no fígado e testículo da tilápia alimentada com níveis de caroço de algodão nas dietas;

8.0 CAPÍTULO 2. DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS CONTENDO CAROÇO DE ALGODÃO PELA TILÁPIA DO NILO

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de caroço de algodão sobre os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) dos nutrientes e energia em dietas para tilápia-do-Nilo. Foram utilizados 144 juvenis de tilápia com peso médio de $179,42 \pm 23,45$ g, distribuídos em delineamento de blocos casualizados. Foram elaboradas dietas a fim de conter diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão (0; 1,5; 3,0 e 4,5%), ofertadas cinco vezes ao dia em horários pré-determinados. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados empregando o método indireto utilizando óxido de crômio como marcador inerte (0,1%). As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Não houve variação entre os blocos ($p > 0,05$). Os CDAs da matéria seca, proteína bruta, proteína digestível, energia bruta e energia digestível das dietas não foram influenciados ($p > 0,05$). Dietas contendo caroço de algodão em níveis de inclusão de até 4,5% não determinam efeitos no aproveitamento dos nutrientes e energia da dieta fornecida para atilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: aquicultura; ingredientes alternativos; nutrição; *Oreochromis niloticus*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of inclusion of cottonseed on the apparent digestibility coefficients (ADCs) of nutrients and energy in diets for Nile tilapia. They were used 144 juveniles of the tilapia with an average weight of the $179.42 \pm 23, 45$ g, distributed randomly in blocks design. The diets were elaborated to contain different levels of inclusion of cottonseed (0; 1.5; 3.0 and 4.5%), offered five times a day at predetermined times. The apparent digestibility coefficients were determined using the indirect method using chromium oxide as inert marker (0.1%). The averages were subjected to analysis of variance (ANOVA). There was no variance between the blocks ($p > 0.05$). The ADCs of dry matter, crude protein, digestible protein, raw energy and digestible energy of diets were not influenced ($p > 0.05$). Diets containing cottonseed in levels of inclusion of up to 4.5% no determine effects in the exploitation of the nutrients and energy of the diet provided for Nile tilapia.

Key words: aquaculture; alternative ingredients; nutrition; *Oreochromis niloticus*

9.0 INTRODUÇÃO

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie exótica comercialmente cultivada na piscicultura, possui características que se destacam de outras espécies, tais como: diversidade de produção em regimes e sistemas extensivos; semi-intensivos; intensivos e superintensivo, (ZIMMERMAN e FITZSIMMONS, 2004) aceitabilidade de grande variedade de alimentos tanto de origem animal, quanto vegetal, resistência a baixos teores de oxigênio dissolvido, (TAKISHITA *et al.*, 2009), entre outros.

Em se tratando de nutrição e alimentação animal, observa-se um crescimento concernente ao uso de ingredientes de origem vegetal na elaboração de dietas para peixes, podendo destacar o algodoeiro (*Gossypium spp*) para produção de fibras, óleo, torta, farinha e como subproduto de grande importância, o farelo de algodão que vem se destacando como sucedâneo do farelo de soja na alimentação de peixes tropicais (SALARO, 1999; GADELHA *et al.*, 2011).

No entanto, a maioria dos ingredientes de origem vegetal possuem algum tipo de limitação de uso, como fatores antinutricionais, baixos níveis de aminoácidos essenciais (TYSKA *et al.*, 2013), que podem interferir na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes (GRIFFITHS *et al.*, 1998; BENEVIDES *et al.*, 2011) e também prejudicar o desempenho zootécnico e reprodutivo das espécies de peixes.

Um dos fatores antinutricionais encontrados em subprodutos do algodão é o gossipol, um pigmento fenólico de coloração amarelada, produzido pelas glândulas de pigmento encontradas nas raízes, partes aéreas e sementes de algodão (SOTO-BLANCO, 2008; GADELHA *et al.*, 2011). O gossipol pode apresentar na sua forma livre ou total, sendo que o gossipol livre é o encontrado no caroço de algodão, tornando-o mais tóxico que o total, que o encontrado nos subprodutos do caroço (farelo e torta) (MARTIN, 1990).

Com relação ao uso de rações contendo gossipol para a alimentação animal, observa-se uma limitação no uso de rações para não-ruminantes como suínos e aves, este fato está ligado diretamente com a interferências na reprodução, contudo, para algumas espécies de peixes, o gossipol é tolerado dependendo do nível que se encontra (CHENG e HARDY, 2002).

Em se tratando de trabalhos que envolvam digestibilidade de nutrientes em dietas contendo substituição ou inclusão *in natura* de caroço de algodão para peixes, verifica-se que os trabalhos utilizam como subproduto do algodão o farelo e não o caroço *in natura*, pois a

presença do gossípol livre representa uma toxicidade maior no caroço. Neste caso, há uma evidente falta de informações relativas à inclusão *in natura* do caroço de algodão em dietas para peixes.

Porém alguns trabalhos relatam a influência de gossípol sobre a digestibilidade de nutrientes em dietas contendo subproduto do caroço de algodão (farelo) para peixes, sendo que a maioria dos resultados demonstram influência sobre alguns CDAs das dietas contendo gossípol (YUE e ZHOU, 2008; EL-SAIDY e SAAD, 2011; HONG SUN *et al.*, 2015; ANDERSON *et al.*, 2016).

Com base no exposto, a pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes níveis de inclusão do caroço de algodão contendo gossípol sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes da dieta pela tilápia-do-Nilo.

10.0 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura- GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *Campus* de Toledo. Foram utilizados 144 juvenis de tilápias com peso médio de $179,42 \pm 23,45$ g, distribuídos aleatoriamente em oito tanques de 500 L com fundo cônico e sistema coletor de fezes acoplado.

Para confecção das rações experimentais, empregou-se ração referência (Tabela 1) que foi disponibilizada na forma farelada e serviu de base para elaboração das demais dietas. À mistura, foi incorporado o caroço de algodão, sendo moído íntegro (casca e línter) na ração referência, não foi realizada a substituição de caroço a um determinado ingrediente. Após a moagem dos ingredientes no moinho tipo martelo com peneira de 0,9 mm de diâmetro, as rações foram umedecidas (23%) e submetidas ao processo de extrusão (ExtrusoraEX-Micro^R). Todas as rações foram marcadas com 0,1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3) seguindo-se as metodologias proposta pelo NRC (2011) para a determinação dos coeficientes de digestibilidade. Posteriormente as rações foram secas em estufa com ventilação forçada por 12 h a 55° C.

Tabela 1: Composição percentual e nutricional da dieta basal.

Ingredientes (%)	(%)
Farelo de soja	11,84
Farinha de carne	2,50
Farinha de vísceras	17,50
Farinha de penas	8,00
Farelo de trigo	20,00
Milho	36,85
Óleo de soja	1,01
L-lisina	0,76
DL-metionina	0,30
L-treonina	0,21
Cloreto de colina	0,17
Vitamina C ¹	0,04
Premix mineral e vitamínico ²	0,5
Sal	0,30
Banox ³	0,006
Composição analisada (% da matéria seca)	
Matéria seca	96,77
Proteína bruta	32,04
Extrato etéreo	4,73
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4811,28
Matéria mineral	8,18

¹Vitamina C Rovimix® Stay-35, DSM Nutritional Products, Suíça.

²Vitamina A retinil acetato/retinil 10.000.000 UI/Kg; vitamina D3 colicalciferol 4.000.00 UI/Kg; vitamina E adsobato 150.000mg/Kg; vitamina K3 menadiona nicotinamida bisulfito 100.00 mg/Kg; B1 tiamina 25.00 mg/Kg; B2 riboflabina spray dry 25.000; B6 piridoxina 25.00 mg/Kg; B12 cianocolalamina 30.000 mg/Kg; niacina ácido nicótico 100.00 mg/Kg; ácido pantotênico d-pantotenato de cálcio 50.000 mg/Kg; ácido fólico ácido fólico spray dry 6.000 mg/Kg; biotina biotina spray dry 1.000 mg/Kg; inusitol 200.000 mg/Kg; Ferro sulfato 100.00 mg/Kg; iodo iodato de cálcio 800 mg/Kg; manganês sulfato 30.000 mg/Kg; zinco sulfato 140.000 mg/Kg; selênio seletino de sódio 800 mg/Kg; cobre sulfato 18.000 mg/Kg; cobalto sulfato 200 mg/Kg; antioxidante etoiquin 124.000 mg/Kg; antifúngico sorbato de potássio 450.00 mg/Kg.

³ Antioxidante

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, foram realizados dois blocos em relação ao tempo com duração de 30 dias cada, estes compostos por quatro tratamentos e duas repetições em cada bloco. Os tratamentos foram constituídos pela inclusão de: 0% (referência); 1,5%; 3,0% e 4,5% de caroço de algodão *in natura* na ração comercial (SALARO *et al.*,1999).

Os animais foram alimentados cinco vezes ao dia (08:00; 11:00; 14:00; 16:00 e às 17:00). Os parâmetros físicos e químicos da água: pH ($7,26 \pm 0,12$); amônia ($0,003 \text{ mg L}^{-1}$) e oxigênio dissolvido ($5,08 \pm 0,78$) foram mensurados semanalmente, enquanto que a temperatura ($26,00$

$\pm 0,81$ °C) foi monitorada diariamente pela manhã e à tarde e permaneceram dentro dos limites aceitáveis ao cultivo de peixes tropicais (BOYD, 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Duas vezes ao dia foi realizada a limpeza dos tanques com renovação de 50% da água para a remoção dos metabólitos suspensos. As fezes foram coletadas diariamente no início da manhã e, as mesmas acondicionadas em recipientes plásticos e mantidas sob refrigeração. Após o término das coletas, as mesmas foram desidratadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C, durante 72 horas; depois retiradas as escamas, peneiradas e trituradas, posteriormente encaminhadas para análises físico-químicas. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos (LQA) do GEMAq/UNIOESTE. Analisou-se a composição centesimal das dietas (MS- matéria seca; PB- proteína bruta; EE- extrato etéreo; EB- energia bruta e MM-matéria mineral), das fezes (MS; PB e EB) e do caroço de algodão: (MS; PB; EE; EB; MM e FB-fibra bruta), seguindo-se as metodologias descritas na AOAC (2000). O teor de óxido de cromo III (Cr_2O_3) das rações e fezes foi realizado empregando-se o método proposto por BREMER NETO *et al.* (2005). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica (C200, IKA, Staufen, Alemanha). A concentração de gossipol livre no caroço de algodão foi determinada pelo laboratório CBO análises laboratoriais localizado em Campinas- São Paulo.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e seus respectivos valores digestíveis foram determinados de acordo com o NRC (2011), (Equações de 1 a 2):

$$1) \text{CDA}_{\text{TD}} = 100 \times [1 - (I_d / I_f)]$$

Em que: CDA_{TD} = coeficiente de digestibilidade aparente total das dietas referência e testes (%); I_d = porcentagem do indicador na dieta; I_f = porcentagem do indicador nas fezes.

$$2) \text{CDA}_{\text{ND}} = 100 \times [1 - (I_d / I_f) \times (N_f / N_d)]$$

Em que: CDA_{ND} = coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes ou energia nas dietas referência e testes (%); I_d = porcentagem do indicador na dieta; I_f = porcentagem do indicador nas fezes; N_f = porcentagem do nutriente ou energia (kcal kg^{-1}) nas fezes; N_d = porcentagem do nutriente ou energia (kcal kg^{-1}) na dieta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As análises foram conduzidas empregando-se o software Statistic 7.0 (StatSoft, 2004).

11.0 RESULTADOS

Os valores da composição centesimal do caroço de algodão e das dietas experimentais demonstram que o caroço de algodão possui um elevado valor de EE (extrato etéreo) e PB (proteína bruta) em relação a literatura pesquisada (Tabela 2).

O gossipol presente no caroço de algodão representa o gossipol livre, ou seja, o que é encontrado em sua forma mais tóxica. Neste estudo não foi analisado o gossipol total e o presente nas dietas, apenas verificou o gossipol *natura* no caroço.

Tabela 2: Composição centesimal do caroço de algodão e dietas experimentais (base seca)¹

Parâmetros	Caroço de algodão	Dietas experimentais			
		Controle	1,5%CA	3,0%CA	4,5%CA
MS (%)	91,90 (± 0,29)	96,77 (±0,17)	96,65 (± 0,26)	95,77 (± 1,25)	96,73 (± 0,61)
PB (%)	34,72 (± 0,54)	32,04 (±1,55)	32,96 (± 0,26)	32,96 (± 0,46)	32,15 (± 0,61)
EE (%)	28,6 (± 0,20)	4,73 (±0,16)	5,97 (± 0,07)	6,08 (± 0,14)	6,02 (± 0,07)
EB (kcal kg ⁻¹)	6138,88 (± 49,50)	4811,28 (±217,26)	4945,83 (± 150,60)	5208,37 (± 59,95)	5052,63 (± 30,82)
MM (%)	6,21 (± 0,13)	8,18 (±0,17)	5,90 (± 0,47)	6,74 (± 0,38)	6,41 (± 0,59)
FB (%)	14,09 (± 0,33)				
Gossipolliv re mg/kg	1.440,81(± 0,00)				

¹Valores são médias ± desvio padrão. MS= matéria seca; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; EB= energia bruta; FB= fibra bruta; MM= matéria mineral. 1,5%CA = dieta com inclusão de 1,5% de caroço de algodão; 3,0%CA = dieta com inclusão de 3% de caroço de algodão; 4,5%CA = dieta com 4,5% de caroço de algodão.

Os CDAs da proteína bruta (PB); energia bruta (EB) e matéria seca (MS) e proteína digestível (PD), não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3). A dieta com 4,5% de inclusão de caroço de algodão determinou valores semelhantes ao verificado para as demais dietas. Com relação à energia digestível (ED), não observou-se efeito significativo ($P>0,05$) com a inclusão crescente de caroço de algodão nas dietas (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade aparente e valores digestíveis da energia e nutrientes (base seca) das dietas experimentais com e sem inclusão de caroço de algodão pela tilápia-do-Nilo¹.

Dietas	CDA (%)			PD (%)	ED (kcal/kg)
	PB	EB	MS		
Referência	84,47 (±2,88)	73,48 (±5,02)	74,80 (±4,01)	27,59 (±0,94)	2981,53 (±203,74)
1,5%CA	82,81 (±3,15)	71,45 (±4,34)	70,89 (±4,60)	27,43 (±1,04)	3132,63 (±190,38)
3,0%CA	83,18 (±3,64)	72,32 (±4,58)	72,71 (±4,75)	27,42 (±1,20)	3055,66 (±193,65)
4,5%CA	83,08 (±4,15)	70,25 (±6,07)	70,47 (±5,77)	26,79 (±1,34)	3047,26 (±263,43)

¹Valores são médias ± desvio padrão. CDA = Coeficiente de digestibilidade aparente; PB=proteína bruta; EB= energia bruta; MS= matéria seca; PD= proteína digestível; ED= energia digestível; Referência= dieta controle sem inclusão de caroço de algodão; 1,5%CA= dieta com inclusão de 1,5% de caroço de algodão; 3,0%CA= dieta com inclusão de 3% de caroço de algodão; 4,5%CA= dieta com inclusão de 4,5% de caroço de algodão.

12.0 DISCUSSÃO

A composição centesimal do caroço de algodão apresentou valores de MS semelhantes aos encontrados por GOES *et al.*(2011); VALADARES FILHO *et al.* (2006); MELO *et al.*(2006); e PAULINO *et al.* (2002). Entretanto para EE; PB e MM, as médias foram superiores aos encontrados pelos autores supracitados e por CARDOSO (1998), e reduzidos quando refere-se à FB.

A diferença entre a composição centesimal do caroço de algodão pode estar relacionada à presença ou ausência do línter (neste trabalho utilizou-se com línter), que é uma fibra celulósica que fica aderida no caroço de algodão(FERNANDES *et al.*, 2002), além do genótipo da planta e clima da região, que são fatores que influenciam no teor de óleo presente na matéria- prima e nos níveis de gossipol (OLIVEIRA *et al.*,2013).

Em se tratando de trabalhos na área de digestibilidade com o uso de caroço de algodão para a alimentação de animais, observa-se que o caroço *in natura* é muito utilizado diretamente

em dietas para ruminantes, esse fato está relacionado com a capacidade que os mesmos tem de degradar o gossipol devido à detoxificação ruminal, diferentemente dos peixes (monogástricos) (BARBOSA e GATTÁS, 2004).

O valor encontrado de gossipol livre presente no caroço *in natura* revelou em 1.440,81mg/kg (14%), sendo que o valor na ração não foi analisado. Quando se trabalha com o gossipol na dieta, é interessante notar que existem fatores que irão interferir na quantidade de gossipol, podendo estar relacionados com o tipo de processamento do subproduto do algodão, temperatura, a elaboração da ração, já que rações extrusadas possibilitam modificações das propriedades funcionais dos ingredientes de origem vegetal, além de melhorar a digestibilidade da proteína e inativar vários fatores antinutricionais, genótipo da planta, adição de sais minerais e enzimas (CARDOSO *et al.*, 2007; CHIBA, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2013; GADELHA *et al.*, 2011; BOOTH *et al.*, 2002).

O CDA da PB; EB e MS entre os tratamentos, não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) com a inclusão de níveis de caroço de algodão na dieta. Por outro lado, estudos realizados com a substituição parcial do farelo de soja pelo farelo de algodão (0; 25; 50% ; 75 e 100) contendo níveis de gossipol livre (mg/kg^1) (0; 11,42; 22,85; 34,27 e 45,6) na dieta para *Oreochromis niloticus* (EL-SAIDY e SAAD, 2011) e a substituição de níveis de farinha de peixe por farelo fermentado de algodão (0; 8; 16 e 24) com a presença de gossipol livre (mg/kg^1) (0; 25; 44 e 64) para *Acanthopagrus schlegelii* (HONG SUN *et al.*, 2015), demonstraram que o CDA da MS diferenciou significativamente com o aumento de inclusão de farelo de algodão, representando um valor maior para a dieta sem inclusão de farelos, o que também foi observado no trabalho YUE e ZHOU (2008), trabalhando com *Oreochromis niloticus* e *Oreochromis aureus* verificaram que o coeficiente da matéria seca da dieta diminuiu significativamente com o aumento da substituição e com os níveis de gossipol.

As diferenças entre os CDA dos trabalhos utilizados para a comparação do presente estudo, podem ser atribuídas a diversos fatores, porém neste trabalho observa-se que os níveis de inclusão de caroço de algodão foram relativamente baixos e o fato de utilizar diretamente a inclusão do caroço na dieta, também influenciou nos valores.

Outro fator importante é a obtenção do farelo de algodão para alimentação animal, esse subproduto do algodão passa por um processamento que pode ser físico ou químico, diferenciando da inclusão de caroço na dieta, esse fato pode ter influenciado nos resultados da digestibilidade comparando com os autores supracitados.

O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (PB), foi semelhante ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão de caroço de algodão. Resultados diferentes foram observados por EL-SAIDY e SAAD (2011) e HONG SUN *et al.* (2015) que trabalharam com espécies distintas e níveis de inclusão de farelo superiores a este trabalho e verificaram que conforme aumentava-se os níveis de inclusão de farelo de algodão, o CDA da proteína bruta diminuía, o que segundo HONG SUN *et al.* (2015), ajuda a explicar em seu trabalho, a redução do crescimento e eficiência alimentar quando altos níveis dietéticos de farelo de algodão foram incluídos nas rações.

ANDERSON *et al.* (2016), analisando subprodutos de algodão (farelo de algodão) com presença de glândulas de gossipol, sem glândulas e farelo com baixo teor de gossipol, utilizando a técnica de extração de solvente, constaram que farelos com níveis de gossipol de 1,195% (com a presença de glândula de gossipol) afetou na digestibilidade da proteína bruta em relação a rações contendo teores inferiores (0,034% e 0,023%) para a espécie *Centropristis striata*.

Diferentemente do que a maioria dos trabalhos relatam com relação ao gossipol presente nos subprodutos do algodão para a alimentação de peixes, COOK *et al.* (2016) trabalhando com avaliação de vários produtos de semente de algodão sobre o desempenho do crescimento e digestibilidade em *Trachinotus carolinus*, verificaram que dietas que continham um nível maior de gossipol (2,0g/kg de gossipol livre) apresentaram um coeficiente de digestibilidade de proteína bruta maior do que a dieta que apresentava 0,08g/de gossipol, segundo o mesmo autor, a razão para este fenômeno ainda não é clara, mas pode estar relacionada com os processos de extração de gossipol utilizado.

Corroborando com os dados referentes aos estudos com farelo de algodão, LEE *et al.* (2006), analisaram os efeitos da dieta contendo níveis de substituição de farinha de peixe por farelo de algodão (0; 25; 50; 75; e 100) no desempenho e performance reprodutiva de truta arco-íris em um estudo de três anos, observaram que o CDA da proteína bruta diminuía gradativamente com o aumento da substituição do farelo de algodão.

Outra evidência importante em relação ao uso de subprodutos do algodão foi verificado no trabalho de CHENG e HARDY (2002), que analisaram o coeficiente de digestibilidade aparente e o valor nutricional do farelo de algodão de quatro regiões diferentes dos Estados Unidos para a espécie *Oncorhynchus mykiss*, segundo os autores, o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta de uma determinada região dos Estados Unidos por ter níveis baixos de gossipol, apresentou valor de proteína bruta maior, em comparação com

outros farelos de diversas regiões dos Estados Unidos, o que demonstra que o gossipol pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes.

A partir dessas informações, observa-se que os níveis de inclusão de caroço de algodão não interferiram significativamente no coeficiente de digestibilidade aparente da PB; MS e EB, esse fato pode estar relacionado com os níveis baixos de inclusão do caroço de algodão, a matéria-prima utilizada (neste trabalho foi o caroço *in natura*), espécie estudada além da região que foi utilizada a matéria-prima. Todos esses conjuntos de fatores podem interferir no coeficiente de digestibilidade dos ingredientes utilizados pela tilápia-do-Nilo.

13.0 CONCLUSÕES

Dietas contendo caroço de algodão em níveis de inclusão de até 4,5% (14%) não determinam efeitos sobre o aproveitamento dos nutrientes e energia da dieta pela tilápia-do-Nilo. Assim, estudos adicionais são necessários para investigar os efeitos de altos níveis de inclusão de caroço de algodão nos parâmetros zootécnicos pela tilápia.

14.0 REFERÊNCIAS

ANDERSON, A. D.; ALAM, M.S.; WATANABE, W.O.; CARROLL, P.M.; WEDEGAETNER, T.C.; DOWD, M.K. 2016 Full replacement of menhaden fish meal protein by low-gossypol cottonseed flour protein in the diet of juvenile black sea bass *Centropristis striata* *Aquaculture* 464 618–628.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 2000 *Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists*. 17. ed. Arlington: Inc.

BENEVIDES, C.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, D.B.; LOPES, M.V.; 2011 Fatores antinutricionais em alimentos: revisão *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, 18(2): 67-79.

BREMER NETO, H. *et al.* 2005 Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5 difenilcarbazida. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p.691-697.

BOOTH, M.A.; ALLAN, G.L.; EVANS, A.J. GLEESON, V.P.; 2002 Effects of steam pelleting or extrusion on digestibility and performance of silver perch *Bidyanus bidyanus*. *Aquaculture Research*, 33, 1163-1173.

BOYD, C. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. London: Birmingham 482p.

CARDOSO, E. G. **Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal.** CIRCULAR TÉCNICA. Campina Grande: Seriemia Ind. Gráfica e Editora Ltda, nº 7, v.1, p. 255-267, 1998. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/241161/1/14265.pdf> Acesso em: 20 julh.2016

CARDOSO, L.R.; OLIVEIRA, M.G.A.; MENDES, F.Q.; PIRES, C.V.; RIBEIRO, F.R.; SANT'ANA, R.C.O.; MOREIRA, M.A. 2007 Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas *Alim. Nutr.*, Araraquara v.18, n.1, p.19-26.

CHENG, Z.J., HARDY, R.W. 2002 Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 212, 361–372

CHIBA, I.L. *Protein supplements* In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. 2001 (Eds.) *Swine nutrition*. Washington, D.C.: p.803-837.

COOK, R.L.; ZHOU, Y.; RHODES, M.A.; DAVIS, D.A.; 2016 Evaluation of various cottonseed products on the growth and digestibility performance in Florida pompano *Trachinotus carolinus* *Aquaculture* 453 10–18.

EL-SAIDY, D.M.S.D., SAAD, A.S. 2011 Effects of partial and complete replacement of soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization and haematological indexes for mono-sex male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. *Aquaculture Research*, 42, 351-359.

FERNANDE, J. J. R.; PIRES, A.V.; SANTOS, F. A. P.; SUSIN, I.; SIMAS, J. C. 2002 Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação, *Acta Scientiarum* Maringá, v. 24, n. 4, p. 1071-1077.

GADELHA, I. C. N.; RANGEL, A. H. N.; SILVA, A. R.; SOTO-BLANCO. B. 2011 Efeitos do gossipol na reprodução animal. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.5, n.2, p.129-135.

GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. 1998 Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, Invergowrie, v. 73, n. 1, p. 1-18.

GOES, R. H. T. B.; SOUZA, K. A.; NOGUEIRA, K. A. G.; PEREIRA, D. F.; OLIVEIRA, E. R.; BRABES. C. S. 2011 Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* Maringá, v. 33, n. 4, p. 373-378.

HONG SUN; JIANG-WU TANG A.; XIAO-HONG YAO; YI-FEI WU; XIN WANG; YONG LIU; BAO LOU. 2015 Partial substitution of fish meal with fermented cottonseed meal in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) diets, *Aquaculture*, 446 30-36.

LEE, K.J.; RINCHARDA. J.; DABROWSKIA, K; BABIAKA, I.; OTTOBREC, J. S.; CHRISTENSEN. J.E. 2006 Long-term effects of dietary cottonseed meal on growth and reproductive performance of rainbow trout: Three-year study. *Animal Feed Science and Technology* 126 93-106.

MARTIN, S. D. Gossypol effects in animal feeding can be controlled. *Feedstuffs* 1990 v. 62, n. 1, p. 14-17.

MELO. A. A. S.; FERREIRA. A. A.; VÉRAS. A. S. C.; LIRA. M.A.; LIMA. L. E.; PESSOA. R. A.; BISPO. S. V; CABRAL. A. M. D.; AZEVEDO. M. 2006 Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.41, n.7, p.1165-1171.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2011 *Nutrient Requirements of Fishes and Shrimp* Washington: DC. National Academies Press, 376p.

NEU.D. H.; VEIT. J. C.; SIGNOR. A. A. 2011 Produção Orgânica de Peixes. In: SIGNOR. A. A.; ZIBETTI. A. P.; FEIDEN. A. (Orgs.). *Produção orgânica animal* Toledo : GFM Gráfica & Editora, 138 p.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; SANTOS, J. S.; VIDAL NETO, F. C.; ALBUQUERQUE. E. M. 2013 Variabilidade físico-química entre intraplanta de sementes de algodão, *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 11, Supl. 2, p. 527-533.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R. P. 2002 Soja Grão e Carço de Algodão em Suplementos Múltiplos para Terminação de Bovinos Mestiços em Pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.1, p.484-491.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. 1995 *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: Funep, 72p.

STATSOFT. *STATISTICA (Data Analysis Software System)*. 2004 Inc. version 7.

SOTO-BLANCO, B. 2008 Gossipol e fatores antinutricionais da soja. In: SPINOSA H.S., GÓRNIAC S.L.; PALERMO NETO J. (ed.) *Toxicologia Aplicada à Veterinária*. Manole, São Paulo. p.531-545.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; BOMFIN, M.A.D.; QUADROS, M.; SOUZA, M.P. 2009 Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 38, n. 11, p. 2099-2105.

TYSKA, D.; MALLMANN, C. A.; CORRÊIA. V.; TAMIOSSO, C. D.; MALLMANN. A. O.; NETO. J. R. 2013 Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*), *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.7, p.1251-1257.

YILDIRIM, M.; LIM. C.; WAN.PETER, J.; KLESIUS, P.H. 2003 Growth performance and immune response of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid *Aquaculture* 219 751-768.

YUE. Y. R and ZHOU. Q. R.; 2008 Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* *Aquaculture* 284 185-189.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V. R. et al. 2006 *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0, 2ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 329.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS. K. 2004 *Tilapicultura intensiva*. IN: Cyrino, J.E.P(Ed.) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. TecArt, São Paulo, Brasil, p.239-266.

15.0 CAPÍTULO 3. EFEITO DA DIETA CONTENDO CAROÇO DE ALGODÃO SOBRE A HISTOLOGIA DE FÍGADOS E TESTÍCULOS PELA TILÁPIA DO NILO¹

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito de inclusão do caroço de algodão sobre a morfologia dos testículos da tilápia. Foram utilizados 320 reprodutores com peso médio de 316,12g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Foram elaboradas dietas a fim de conter diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão (0; 1,5; 3,0 e 4,5%), as dietas foram ofertadas duas vezes ao dia em horários pré-determinados. As alterações histológicas dos fígados foram avaliadas qualitativamente utilizando o índice de BERNET, e a caracterização testicular foi analisada descritivamente utilizando a terminologia padronizada para descrever o desenvolvimento reprodutivo de peixes, para os índices gonadossomáticos (IGS) e hepatossomáticos (IHS) e gordura visceral (GV) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) bifatorial. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os índices analisados e também não foram observadas diferenças na histologia dos testículos, porém observou-se na histologia dos fígados, alterações conforme a inclusão de caroço de algodão nas dietas. Dietas contendo caroço de algodão em níveis de inclusão de até 4,5% não determinam efeitos na espermatogênese de reprodutores de tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*; ingredientes alternativos; aquicultura.

Abstract

This research aimed to evaluate to analyze the effect of inclusion of cottonseed on tilapia testicular morphology. Were used 320 broodstock with average weight of 316, 12 g, distributed in completely randomized design. Diets were elaborated in order to contain different levels of inclusion of cottonseed (0; 1.5; 3.0 and 4.5%) diets were offered twice a day at predetermined times. Histological changes of the livers were evaluated qualitatively using the index of BERNET, and testicular characterization was analyzed descriptively using standardized terminology to describe the reproductive development of fish, to the indexes gonadossomatic (GSI) and hepatossomatic (IHS) and visceral fat (VF) were submitted to analysis of variance (ANOVA) bifatorial. There was no difference ($p > 0.05$) between the analyzed indices and also no differences were found in histology of the testis, however it was observed on histology of liver, changes as the inclusion of cottonseed in diets. Cottonseed in diets containing levels of inclusion of up to 4.5% does not determine effects on testicular morphology of broodstock of Nile tilapia.

Key words: *Oreochromis niloticus*; alternative ingredients; aquaculture.

16.0INTRODUÇÃO

Dentre as espécies exóticas comercialmente cultivadas na aquicultura, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) vem apresentando um papel promissor na área da piscicultura, podendo atribuir a diversos fatores, tais como: rápida taxa de crescimento, adaptação a diversas condições de criação, carne de boa qualidade (RIGHETTI *et al.*, 2011), bom desempenho zootécnico, facilidade de obtenção de alevinos, entre outras (MEURER, 2003).

Concernente à criação de tilápias para o mercado consumidor, observa-se que a prática de criação de populações de monossexo masculina é vantajosa, pois está relacionado a taxas de ganho em peso, conversão alimentar (que nos machos é maior), e se tratando de fêmeas, a precocidade sexual faz com que haja uma reprodução descontrolada, promovendo nos sistemas de criação a competição por alimento, oxigênio e espaço, o que prejudica e reduz o crescimento dos peixes e por consequência, uma redução na lucratividade (TOYAMA *et al.*, 2000),

Uma das formas de obtenção de populações de monossexo masculina de tilápias mais utilizada é incorporar hormônios nas rações, estudos utilizando dosagem de 60 mg de 17 α -metiltestosterona resultou em 98% de machos (MAINARDES-PINTO, 2000). No entanto sabe-se que a inversão, na maioria das vezes não é 100% garantida, esse fato pode produzir lotes de peixes que contenham fêmeas e conseqüentemente os efeitos, não são desejáveis para os produtores.

Com base neste contexto, alternativas naturais podem ser utilizadas a fim de maximizar a produção e reduzir a reprodução dos peixes no ambiente de criação, assim o gossipol (um pigmento produzido por glândulas que são encontradas distribuídas na planta do algodão e também na semente) (SOTO-BLANCO, 2008; GADELHA *et al.*, 2011) apresentam efeitos relacionados a reprodução animal, tais como: redução na qualidade do sêmen, interferência no ciclo estral das fêmeas, interrupção do desenvolvimento embrionário precoce, alterações na morfologia e na morfometria dos testículos em ruminantes (GADELHA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2013), além da diminuição da espermatogênese, observados em alevinos de tilápia (SALARO *et al.*, 1999a).

Esses efeitos considerados negativos pela presença do gossipol para muitas espécies de animais poderiam contribuir de forma positiva no processo de interferência da reprodução

dos peixes, que no caso da tilápia, seria uma forma de diminuir a proliferação indesejada durante processo de criação (SALARO, 1999b).

Existem vários trabalhos que trazem informações a respeito de alterações provocadas nos órgãos reprodutores (gônadas) e na histologia de outros órgãos de peixes, além de um contraste de informações a respeito do efeito do gossipole das alterações (SALARO *et al.*, 1999; GARCIA-ABIADO *et al.*, 2004; EL-SAIDY e GABER, 2004; LEE *et al.*, 2006; EVANS *et al.*, 2010; KLEEMANN *et al.*, 2011; CAI *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2015;).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de inclusão do caroço de algodão na morfologia dos fígados e testículos de tilápias.

17.0 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade de Produção de Alevinos (UPA) da Copacol, na cidade de Nova Aurora- Paraná, com duração de 60 dias, entre os meses de setembro a novembro de 2015.

Foram utilizados 320 reprodutores de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem GIFT, provenientes da UPA com aproximadamente 9 meses de idade e peso médio de $316,12\text{g} \pm 14,28$, sendo utilizados 10 fêmeas e 10 machos por hapa. Os reprodutores foram alojados em 16 hapas de 1m^3 , representado cada hapa uma unidade experimental.

O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos e quatro repetições. As rações foram disponibilizadas em parceria com a cooperativa agroindustrial e o caroço de algodão utilizado na dieta foi proveniente de outra cooperativa, localizada em Mato Grosso do Sul.

Os tratamentos foram divididos de acordo com o nível de inclusão de caroço de algodão: 0% (referência); 1,5%; 3%; 4,5%. O caroço de algodão foi incluído na massa homogeneizada e não em substituição a um determinado ingrediente, sendo moído íntegro (casca e línter) na ração referência (Tabela 1), que serviu como base para elaboração das outras dietas. A moagem do caroço foi realizada em moinho do tipo martelo com peneira de 0,9 mm de diâmetro. Em seguida, as rações foram umedecidas (23%) e submetidas ao processo de extrusão (Extrusora EX-Micro^R), posteriormente as rações foram secas em estufa com ventilação forçada por 12 h a 55°C. A concentração de gossipol livre no caroço de algodão foi determinada pelo laboratório CBO análises laboratoriais localizado em Campinas- São Paulo, não foi analisado o gossipol livre e total nas dietas, apenas o gossipol livre no caroço de algodão.

Tabela 1: Composição percentual e nutricional da dieta basal.

Ingredientes (%)	(%)
Farelo de soja	11,84
Farinha de carne	2,50
Farinha de vísceras	17,50
Farinha de penas	8,00
Farelo de trigo	20,00
Milho	36,85
Óleo de soja	1,01
L-lisina	0,76
DL-metionina	0,30
L-treonina	0,21
Cloreto de colina	0,17
Vitamina C ¹	0,04
Premix mineral e vitaamínico ²	0,5
Sal	0,30
Banox ³	0,006
Composição analisada (% da matéria seca)	
Matéria seca	96,77
Proteína bruta	32,04
Extrato etéreo	4,73
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4811,28
Matéria mineral	8,18
Gossipol livre (mg/kg)	1.440,81

¹Vitamina C Rovimix® Stay-35, DSM Nutritional Products, Suíça.

²Vitamina A retinil acetato/retinil 10.000.000 UI/Kg; vitamina D3 colicalciferol 4.000.00 UI/Kg; vitamina E adsobato 150.000mg/Kg; vitamina K3 menadiona nicotinamida bisulfito 100.00 mg/Kg; B1 tiamina 25.00 mg/Kg; B2 riboflabina spray dry 25.000; B6 piridoxina 25.00 mg/Kg; B12 cianocolalamina 30.000 mg/Kg; niacina ácido nicótico 100.00 mg/Kg; ácido pantotênico d-pantotenato de cálcio 50.000 mg/Kg; ácido fólico ácido fólico spray dry 6.000 mg/Kg; biotina biotina spray dry 1.000 mg/Kg; inusitol 200.000 mg/Kg; Ferro sulfato 100.00 mg/Kg; iodo iodato de cálcio 800 mg/Kg; manganês sulfato 30.000 mg/Kg; zinco sulfato 140.000 mg/Kg; selênio seletino de sódio 800 mg/Kg; cobre sulfato 18.000 mg/Kg; cobalto sulfato 200 mg/Kg; antioxidante etoiquin 124.000 mg/Kg; antifúngico sorbato de potássio 450.00 mg/Kg.

³ Antioxidante

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (08:00 e às 17:00). Os parâmetros físicos e químicos foram monitorados semanalmente utilizando uma sonda multiprobi YSI oxigênio dissolvido ($6,30 \pm 2,10$ mg.L⁻¹), temperatura ($23,1 \pm 2,8$ °C), pH ($7,1 \pm 0,4$). As variáveis se mantiveram dentro das condições de conforto para a espécie estudada (BOYD, 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Foram realizadas três coletas utilizando cinco machos em cada tratamento (inicial, 30 e 60 dias). Os peixes foram coletados no UPA e os procedimentos de retiradas das gônadas e fígados foram realizadas após 24 horas de jejum, respeitando as normas para uso de animais,

sendo que os mesmos foram retirados das hapas e insensibilizados em benzocaína (250 mg L⁻¹) e logo em seguida esviscerados e pesadas as gônadas, fígado e gordura, utilizando uma balança de precisão. O processamento do material e as análises histológicas foram realizadas no laboratório de Apoio Técnico da UNIOESTE- Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus Toledo.

Após a pesagem das gônadas e fígados as amostras foram fixadas em solução de ALFAC (álcool, formaldeído e ácido acético) por um período de 16 horas e depois transferidas para o álcool 70%. Posteriormente desidratadas em séries crescentes (70%, 80%, 90% e 100%) de etanol, diafanizadas em xilol e em seguida incluídas em parafina para logo depois serem submetidas a cortes com espessura de 7 μm sendo realizadas em um micrótomo manual rotativo. Após esse processo as lâminas foram coradas pela técnica de Hematoxilina-Eosina (HE) e analisadas em microscópio de luz NIKON Eclipse-50 e documentados em câmera digital acoplada.

Para a determinação dos índices gonadossomáticos (IGS) e hepatossomáticos (IHS) e gordura visceral (GV) utilizou-se as seguintes fórmulas: $(IGS) = [(peso\ das\ gônadas * 100) / peso\ do\ peixe]$; $(IHS) = [(peso\ do\ fígado * 100) / peso\ do\ peixe]$; $(GV) = [(peso\ da\ gordura * 100) / peso\ do\ peixe]$.

As alterações histológicas dos fígados foram avaliadas qualitativamente utilizando o índice de BERNET (1999). Cada alteração foi avaliada utilizando uma pontuação que variou de 0 a 6 dependendo do grau de alteração: 0 sem alteração; 2 pouca ocorrência; 4 moderada ocorrência e 6 lesão de ocorrência grave.

Os estádios de maturação gonadal e os tipos de células germinativas presentes nas gônadas foram analisados descritivamente utilizando a terminologia padronizada para descrever o desenvolvimento reprodutivo de peixes proposta por BROWN-PETERSON (2011).

Os dados dos índices gonadossomáticos (IGS) e hepatossomáticos (IHS) e gordura visceral (GV) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) bifatorial, para verificação dos efeitos entre tratamentos, períodos de coleta e sua interação, já para as análises das gônadas analisou-se apenas descritivamente os dados histológicos. O índice de BERNET foi submetido à estatística não paramétrica. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Statistica 7.1.

18.0 RESULTADOS

Após o período de 60 dias de experimento, pode-se observar que os valores dos índices: gonadossomático (IGS) e hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV) dos machos de tilápia, não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação aos tratamentos e o período de coleta (Tabela 1). Observou-se que a quantidade de gossipol livre (1.440,81 mg kg⁻¹) presente no caroço de algodão, não influenciou nos índices analisados.

Tabela 2: Valores dos índices gonadossomático (IGS) e hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV) dos machos de tilápia alimentados com níveis de inclusão de caroço de algodão.

Período de coleta (dias)	Dietas	Parâmetros		
		GV (%)	IGS (%)	IHS (%)
30	0%	2,59±1,14	0,97±0,53	2,46±0,44
	1,5%	3,51±1,54	0,80±0,52	2,82±0,22
	3,0%	2,82±1,34	0,71±0,50	2,73±0,34
	4,5%	3,75±1,35	0,59±0,50	2,23±0,36
60	0%	2,86±1,63	0,79±0,47	2,46±0,39
	1,5%	4,51±1,36	0,54±0,34	2,67±0,41
	3,0%	3,13±1,35	0,66±0,50	3,03±0,36
	4,5%	3,32±0,40	1,13±0,51	2,89±0,60
Probabilidade				
Dieta		0,06	0,57	0,21
Período coleta		0,44	0,95	0,20
Dieta x Período coleta		0,61	0,23	0,28

Dietas CA= caroço de algodão, (GV)=gordura visceral; (IGS)= índices gonadossomático e (IHS)= hepatossomático.

A avaliação histológica do fígado por meio do índice de alterações hepáticas de BERNET (1999) (Figura 1) revelou que os níveis de inclusão de caroço de algodão influenciaram na estrutura celular do fígado dos machos de tilápia, conforme aumento da inclusão de caroço de algodão, observou-se uma presença maior principalmente de vacuolização celular, deslocamento do núcleo e concentrações de melanomacrófagos (Figura 2).

Houve presença de melanomacrófagos no fígado do tratamento (controle) que não recebeu a inclusão de caroço de algodão, apresentando essa característica tanto aos 30 quanto aos 60 dias de experimento, contudo a presença de melanomacrófagos foi aumentando conforme os níveis de caroço na ração.

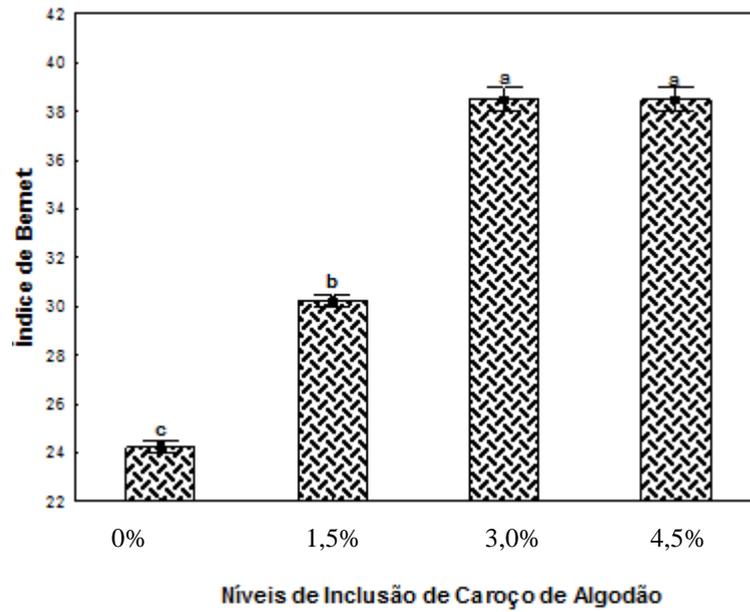


Figura 1: Índice de Bernet no fígado de *Oreochromis niloticus* alimentadas com diferentes níveis de caroço de algodão.

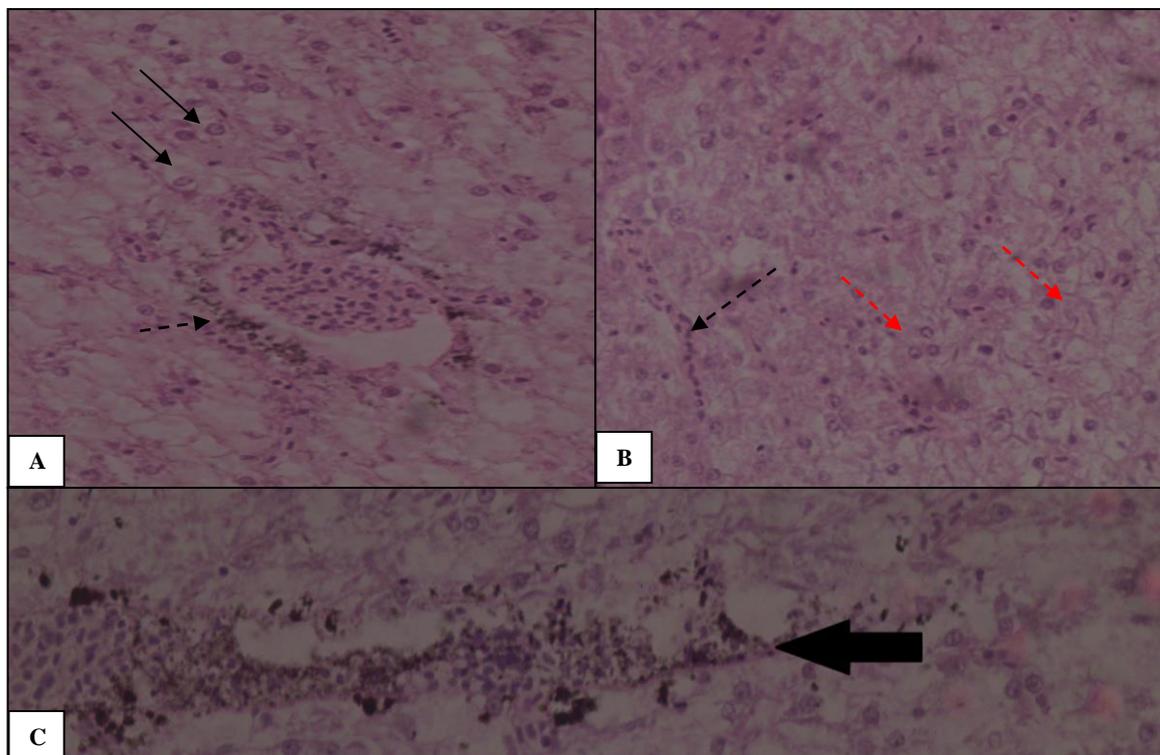


Figura 2: Corte histológico do fígado de machos de tilápia (HE, objetiva de 40x). Figura mostra setas finas mostram vacuolização de hepatócitos, seta ontilhada presença de melanomacrófagos (tratamnto 4,5%). Letra B seta pontilhada em vermelho mostra congestão de sinusoide e setas vermelhas deslocamento de hepatócitos. Letra C mostra a presença de melanomacrófos no tratamento controle.

As análises histológicas dos testículos da tilápia revelaram que os níveis de inclusão de caroço de algodão contendo gossípol, não influenciaram no estágio de maturação gonadal, entretanto todas as imagens mostram grandes quantidades de células das fases iniciais (espermatogônias e espermátides) e pouca concentração de espermatozoides. Não foram observadas alterações estruturais nas células dos testículos, nas cores e nem na textura do mesmo. Observou-se predominância de vacuolização no tratamento que não recebeu inclusão de caroço de algodão (referência).

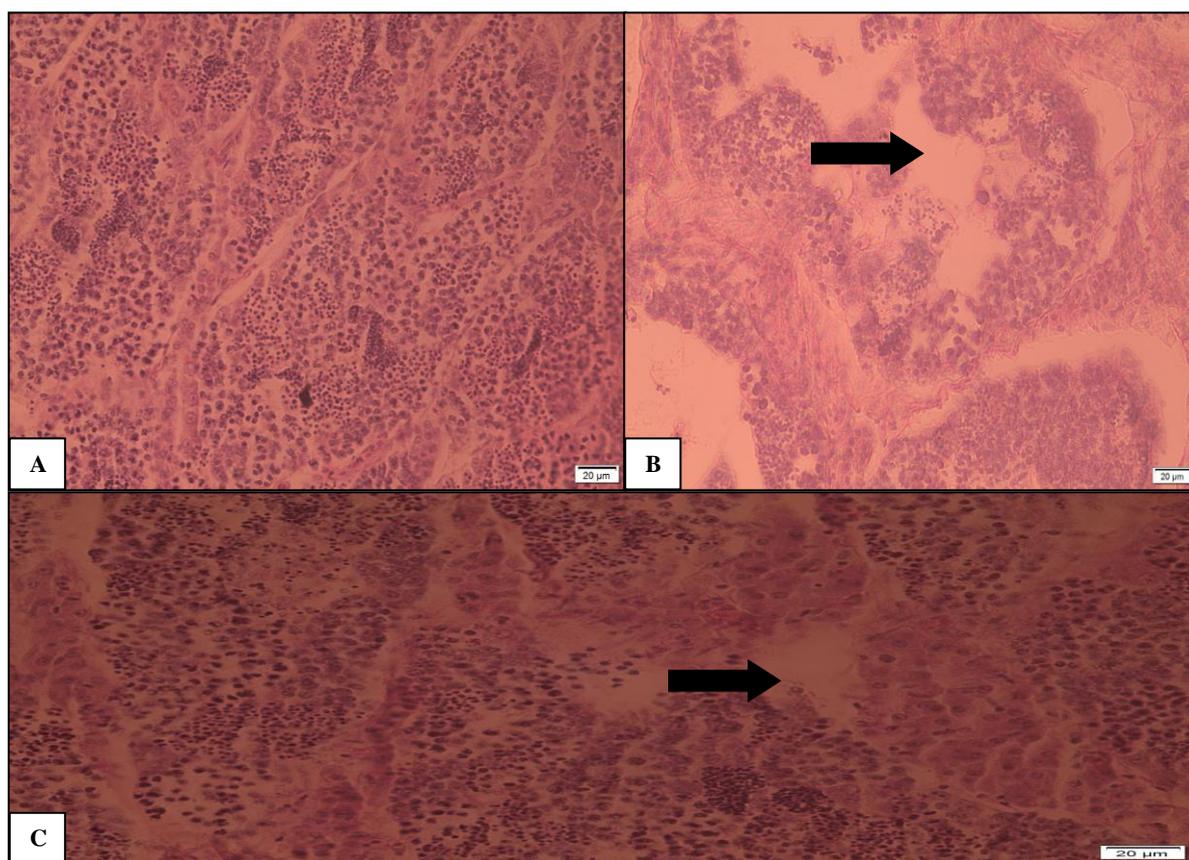


Figura 3: Corte histológico dos testículos de tilápia (HE, objetiva de 40x). Figura A mostra o testículo antes do início da alimentação. Figura B, seta aponta a vacuolização do testículo do tratamento controle (sem inclusão de caroço). Figura C, seta mostrando uma vacuolização no testículo que recebeu maior nível de inclusão de caroço na dieta.

Na contagem de hepatócitos (Tabela 3), não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos, porém foi observada diferença ($P<0,05$) entre o período de coleta, em que 60 dias o número de hepatócitos foi maior em relação aos peixes coletados aos 30 dias.

Tabela 3. Valores médios do número de hepatócitos em tecido hepático da tilápia-do-Nilo alimentada com dietas contendo níveis de inclusão de caroço de algodão.

	N° de hepatócitos por área*
Dietas (% inclusão caroço de algodão)	
0	207,26 ± 22,19
1,5	194,15 ± 16,61
3,0	179,93 ± 22,76
4,5	195,99 ± 14,34
Período de coleta (dias)	
30	185,40 ± 19,39b
60	201,96 ± 17,34a
<i>Probabilidade</i>	
Dieta	0,13
Período coleta	0,03
Dieta x Período de coleta	0,74

Médias na coluna seguida por letras distintas diferem significativamente pelo teste F da análise de variância ($P<0,05$).

* Área útil de contagem: 20914,7228 μm^2 .

19.0 DISCUSSÃO

Os índices hepatossomático (IHS), gonadossomático (IGS) e a gordura visceral (GV), são índices importantes que são analisados quando se trata de nutrição e reprodução de peixes. Em relação ao índice gonadossomático (IGS), neste trabalho não observou diferenças significativa com os níveis de inclusão de caroço de algodão na dieta. EL-SAYDY e GABER(2004), trabalhando com a espécie *Oreochromis niloticus* com o uso de farelo de algodão contendo 0,145% de gossipol livre na dieta, observaram que dos machos não apresentaram influência, o que também foi descrito por DABROWSKI *et al.*,(2000) com a espécie

(*Oncorkynchus mykiss*), ROBINSON e TIERSCH (1995) (*Ictalurus punctatus*), WANG *et al.*, (2014) (*Cyprinus carpio*), em contrapartida PHAM *et al.* (2007) trabalhando com a espécie *Paralichthys olivaceus* verificaram uma diferença significativa no valor do índice gonadosomático entre o controle e a inclusão de 40% de farelo de algodão.

Essas diferentes informações encontradas pelos autores descritos e os resultados deste trabalho, podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como: a espécie estudada, já que diferentes espécies tem capacidades variadas para tolerar distintos níveis de gossipol dietético podendo absorver de 35% a 50% de gossipol (EL-SAIDY e SAAD 2011), a duração do tempo de alimentação que os peixes foram submetidos, o tipo de ingrediente compostos nas dietas, visto que o gossipol pode interagir com os componentes da dieta e reduzir a disponibilidade e acumulação no fígado e outros órgãos (YLDIMIRIM *et al.*, 2003; LIM e LEE *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2014); o processamento da ração, que neste trabalho foi extrusada, além do uso de subprodutos do algodão, que neste estudo utilizou-se o caroço de algodão diferentemente dos trabalhos comparados, que utilizaram em suas dietas o farelo de algodão.

Neste trabalho o índice hepatossomático (IHS) também não foi influenciado pelos níveis de caroço de algodão na dieta, sendo também observado no trabalho de EL-SAIDY e GABER (2004), PHAM *et al.* (2007) e WANG *et al.*, (2014) ao trabalharem com farelo de algodão, segundo esses autores pode estar relacionado com a presença de suplementação de lisina e ferro, que pode ter contribuído para interferência no gossipol na dieta, já que dependendo do ingrediente pode interferir na absorção e retenção de gossipol no peixe.

Em contrapartida com esses resultados SOUZA e HAYASHI (2004) avaliando o farelo de algodão para a alimentação de alevinos de tilápia, constaram que o (IHS) aumentou linearmente a medida que a incluía farelo de algodão na dieta contendo níveis de 0,0032% e 0,0043% de gossipol, esse aumento também foi relatado por YUE e ZHOU (2008) e EL-SAIDY e SAAD (2011), ambos trabalhando com a espécie *Oreochromis niloticus*. Observa-se uma variação de resultados entre os trabalhos, esse fato pode estar relacionado com a presença de gossipol livre ou total, além dos níveis na dieta.

Com relação à contagem de hepatócitos presentes no fígado, observou-se um aumento na quantidade conforme o período de 60 dias. Os hepatócitos estão relacionados aos primeiros alvos de toxicidade presente no fígado, caracterizando-o como um órgão biomarcador da poluição ambiental (ZELIKOFF, 1998).

Possivelmente o gossipol pode ser um fator atinutricional que se acumula ao longo do tempo, por isso é necessário outros estudos que analisem a quantidade de gossipol no fígado.

Pra as análises microscópicas do fígado, não foi mensurada a quantidade de gossipol no mesmo, apenas observou-se características histológicas. Conforme aumentou-se a inclusão de caroço nas dietas, observou-se também uma presença gradativa de melanomacrófagos. É interessante notar que no tratamento controle (sem inclusão de caroço) detectou-se também melanomacrófagos, todavia em menor quantidade. Essa característica pode estar relacionada com o estado nutricional dos peixes, presença de condições adversas no meio ambiente (BOMBANATO *et al.*, 2007), não estando apenas relacionada a um fator específico, que neste caso seria o gossipol.

Não foram verificadas alterações nas cores e texturas do fígado de tilápias alimentadas com dietas contendo caroço de algodão, resultados similares também foram observados por LEE *et al.* (2002) (*Oncorhynchus mykiss*); KLEEMANN *et al.* (2011) com a espécie (*Oreochromis niloticus*) e CAI *et al.* (2011) (*Carassius auratus gibelio* e *Cyprinus carpio*). Porém, resultados contrastantes foram descritos SOUZA e HAYASHI (2004), que observaram variação na coloração do fígado de tilápias, alterando da cor rosa para a amarela, quando submetidas à inclusão de farelo de algodão nas dietas.

Os fígados apresentaram uma maior vacuolização conforme a inclusão de caroço de algodão nas dietas, resultados similares foram observados por COOK *et al.* (2016) trabalhando com avaliação de vários produtos de semente de algodão para *Trachinotus carolinus*. Os autores verificaram que não houve indicações de danos estruturais nos fígados, apenas observou-se vacuolização em todos os tratamentos, mesmo sem farelo de algodão, esse resultado segundo os mesmos autores, indica que a presença do gossipol (0,06 a 2,0g/kg na dieta) não foi a causa da vacuolização no fígado. A presença de vacuolização citoplasmática pode estar relacionada a diversos fatores, podendo indicar regiões com prováveis concentrações de lipídeos, glicogênio, ou combinação de agentes tóxicos como lipídios intracitoplasmáticos (SANTOS *et al.*, 2004).

Outra alteração descrita no fígado de tilápia foi o deslocamento do núcleo nos hepatócitos, observou-se de uma forma mais acentuada conforme o aumento de caroço nas dietas e com o período do experimento. Essa característica pode ser um indicativo de que a célula está com a atividade metabólica alterada, sendo que o aumento de volume dos hepatócitos provocou um deslocamento do núcleo para a periferia da célula (GAYÃO *et al.*, 2013).

Na histologia dos testículos de tilápias alimentadas com dietas contendo inclusão de caroço de algodão verificou-se que os níveis de caroço, não influenciaram nas estruturas celulares dos testículos analisados, podendo notar que tanto os grupo que receberam ração controle quanto o com maior inclusão de caroço (4,5%), apresentaram poucos espermatozoides. No trabalho de SALARO *et al.* (1999) observaram que o tratamento 24F (maior concentração farelo de algodão) teve resultados semelhantes ao grupo sem inclusão, porém constatou aumento de tecido intersticial, que segundo os mesmos autores, pode ser uma característica de presença de gossipol, o que não ocorreu neste presente estudo com os testículos submetidos a maior inclusão de caroço. Possivelmente os valores de inclusão utilizados no presente trabalho não foram capazes de causar qualquer alteração estrutural nos testículos.

Com relação à espermatogônia e espermátides, observa-se que independente dos tratamentos houve uma predominância dessas células nos testículos de tilápia. No trabalho de WANG *et al.* (2014) a presença de espermatogônia, espermátocitos e espermatozoides foi observado nos grupos com menor concentração de gossipol na dieta (0% e 323,5mg/kg⁻¹ de gossipol livre). No entanto, o grupo com maior concentração (647mg/kg⁻¹) de gossipol livre, apresentou uma maior quantidade de espermátocitos primários e uma menor proporção de espermatozoides, porém danos estruturais não foram detectados.

A presença de espermatogônia e espermátides está relacionada com a fase de desenvolvimento da espermatogênese. Pode-se inferir que neste trabalho o gossipol não influenciou na produção de espermatozoides, pois foi observado uma proporção pequena em todos os tratamentos. Esse fato pode estar relacionado com os níveis de inclusão de caroço de algodão que foram baixos, além dos machos e as fêmeas estarem condicionados nas mesmas hapas, o que pode ter induzido a liberação constante de espermatozoides.

Uma informação interessante de se destacar neste trabalho foi o aparecimento de vacuolização no testículo da tilápia que recebeu a dieta controle (sem inclusão de caroço). Essa característica não é comum na literatura quando se trabalha com dietas contendo gossipol, já que os estudos comparados neste trabalho não relataram presença de vacuolização nos testículos.

Assim, estudos adicionais são necessários para investigar os efeitos de altos níveis de inclusão de caroço de algodão nas dietas de tilápias, observando o desenvolvimento gonadal em tempo maior. Em geral, o efeito do gossipol não influenciou no desempenho dos testículos de tilápia, em comparação com trabalhos envolvendo outros monogástricos.

20.0 CONCLUSÃO

Com a inclusão de até 4,5% de caroço de algodão na dieta, observou-se maiores índices de alterações histopatológicas, sem apresentar alterações histológicas no testículo da tilápia.

21.0 REFERÊNCIAS

- BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. 1999 Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution *Journal of Fish Diseases*. v. 22. p. 25-34.
- BOMBONATO, M. T. S.; ROCHLE, S. S.; VICENTINI, C.A.; VICENTINE, I. B. F. 2007 Estudo morfológico do tecido hepático de *Leporinus macrocephalus* *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, v. 29, n. 1, p. 81-85.
- BOYD, C. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. London: Birmingham 482p.
- BROWN-PETERSON, N.J.; WYANSKI, D.V.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 3: 52-70.
- CAI, C.; LI, E.; YE, Y.; KROGDAHL, A.; JIANG, G.; WANG, Y.; CHEN, L. 2011 Effect of dietary graded levels of cottonseed meal and gossypol on growth performance, body composition and health aspects of allogynogenetic silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio* x *Cyprinus carpio*. *Aquaculture nutrition*, v.17, n.4, p.353-360.
- COOK, R.L.; ZHOU, Y.; RHODES, M.A.; DAVIS, D.A. 2016 Evaluation of various cottonseed products on the growth and digestibility performance in Florida pompano *Trachinotus carolinus* *Aquaculture* 453:10-18
- DRABROWSKI, K.; RINCHARD, J.; LEE, K.-J.; BLOM, J. H.; CIERESZKO, A.; OTTOBRE, J. 2000: Effects of diets containing gossypol on reproductive quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biol. Reprod.* 62, 227.
- EL-SAIDY, D.M.S.D., SAAD, A.S. 2011 Effects of partial and complete replacement of soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization and haematological indexes for mono-sex male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. *Aquaculture Research*, 42, 351-359.
- EL-SAIDY, D.M.S.D.; Gaber. M.M. 2004 Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets *Aquaculture Research* 35: 859-865.
- EVANS, J.J.; PASNIK, D.J.; YLDIMIRIM AKSOY, C.L.; KLESZIUS, P.H. 2010 Histologic changes in channel catfish, *Ictalurus punctatus rafinesque*, fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid *Aquaculture nutrition* 16: 385-391.
- GADELHA, I. C. N.; RANGEL, A. H. N.; SILVA, A. R.; SOTO-BLANCO. B. 2011 Efeitos do gossypol na reprodução animal. *Acta Veterinaria Brasileira*, v.5, n.2, p.129-135.

GARCIA-ABIADO, M.A.; MBAHINZIREKI, G.; RINCHARD, J.; DRABROWWSK, K. 2004 Effect of diets containing gossypol on blood parameters and spleen structure in tilapia, *Oreochromis* sp., reared in a recirculating system. *Journal of Fish Diseases* 27: 359–368.

GAYÃO, A. L.B.A.; BUZOLLO, H.; FÁVERO, G. C.; JÚNIOR, A.S.S.; PORTELLA, M.C.; CRUZ, C.; CARNEIRO, D.J. Histologia hepática e produção em tanques-rede de tilapia-do-Nilo masculinizada hormonalmente ou não masculinizada *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.8, p.991-9

HONG SUN; JIANG-WU TANG A.; XIAO-HONG YAO; YI-FEI WU; XIN WANG; YONG LIU; BAO LOU. 2015 Partial substitution of fish meal with fermented cottonseed meal in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) diets, *Aquaculture*, 446 30–36.

KLEEMANN, G.K.; DALPAI, M.; PEZZATO, L.E.; TEIXEIRA, C.P.; PADOVANI, C.R.; BARROS, M.M. 2011 Farelo de algodão como sucedâneo do farelo de soja em rações para tilápia-do-Nilo *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, Salvador, v.12, n.3, p.805-818.

LEE, K.J.; DABROWSKI, K.; BLOM, J. H.; BAI, C.S.; STROMBERG, P. C. 2002 A mixture of cottonseed meal, soybean meal and animal byproduct mixture as a fish meal substitute: growth and tissue gossypol enantiomer in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 86. 201–213.

LEE, K.J.; RINCHARDA, J.; DABROWSKIA, K.; BABIAKA, I.; OTTOBREC, J. S.; CHRISTENSEN, J.E. 2006 Long-term effects of dietary cottonseed meal on growth and reproductive performance of rainbow trout: Three-year study. *Animal Feed Science and Technology* 126 93–106.

Lim, S.J.; Lee, K.J. 2009 Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus* *Aquaculture* 290. 283–289.

MAINARDES-PINTO C.S.R.; FENERICH-VERANI, N., DE CAMPOS, B.E.S.; DA SILVA, A.A.L 2000 Masculinização da tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, utilizando diferentes rações e diferentes doses de 17 α - metiltestosterona *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.29, n.3, p. 654-659.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. 2003 Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápia-do-Nilo durante a reversão sexual *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.2, p.262-267.

PHAM, M.A.; LEE, K.J.; LIM, S.J.; PARKE, K.H. 2007 Evaluation of cottonseed and soybean meal as partial replacement for fishmeal in diets for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* *Fisheries science* 73: 760–769.

RIGHTETTI, J. S.; FURUYA, W. M.; CANJERO, C. I.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; MICHELATO, M. 2011 Redução da proteína em dietas para tilápias-do-Nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. *R. Bras. Zootec.* v.40, n.3, p.469-476.

ROBINSON, E.H., TIERSCH, T.R., 1995. Effects of long-term feeding of cottonseed meal on growth, testis development, and sperm motility of male channel catfish. *J.WorldAquacult. Soc.* 26, 426-431.

SALARO, A.L.; PEZZATO, L.E.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. 1999a Efeito da Inclusão do Farelo e da Farinha de Semente de Algodão em rações para reprodutores de tilápia-do-Nilo (*Oreochromisniloticus*) *Rev. bras. zootec.*, v.28, n.6, p.1169-1176.

SALARO, A.L.; PEZZATO, L.E.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. 1999b Desempenho e espermatogênese de alevinos de tilápia alimentados com farelo ou farinha de semente de algodão *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.3, p.449-457

SANTOS, A.A.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; FELIZARDO, N.N.; RODRIGUES, E. de L. 2004 Análise histopatológica de fígado de tilapia-do-nilo, *Oreochromisniloticus*, criadas em tanque-rede na represa de Guarapiranga, São Paulo, SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, p.141-145.

SANTOS, E.L.; CAVALCANTI, M.C.A.; FREGADOLLI, F.L.; MEMENES, D.R.; TEMOTEO, M.C.; LIRA, J.E.; FORTES, C.R. 2013 Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros *Revista eletrônica nutritime* –Artigo 191, v. 10 – nº 01 – p. 2216 – 2255.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. 1995 *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: Funep, 72p.

SOUZA, R.S.; HAYASHI, C. 2004 Desempenho de alevinos de tilápia-do-Nilo submetidos a diferentes níveis de inclusão do farelo de algodão *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 25, n. 2, p. 151-158.

TOYMA, G.N.; CORRENTE, J.E.; CYRINO, J.E.P. 2000 Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia-do- Nilo *ScientiaAgricola*, v.57, n.2, p.221-228.

ZELIKOFF, T.J. “Biomarkers of immunotoxicity in fish and other non-mammalian sentinel species: predictive value for mammals?” *Toxicology*, vol. 129, no. 1, pp. 63-71, 1998.

WANG, X.F.; LI, X.Q.; LENG, X.J.; SHAN, L.L.; ZHAO, L.S.; WANG, Y.T. 2015 Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) *Aquaculture* 428-429:79-87.

YILDIRIM, M.; LIM, C.; WAN, PETER, J.; KLESZIUS, P.H. 2003 Growth performance and immune response of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid *Aquaculture* 219 751-768.

YUE, Y. R e ZHOU, Q. R.; 2008 Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromisniloticus*×*O. aureus* *Aquaculture* 284 185-189.