EFEITOS DO FARELO DE ALGODÃO, COMO SUCEDÂNEO PROTÉICO,
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E ALTERAÇÕES
ANATOMOPATOLÓGICAS DE ALEVINOS DE
CARPA (*Cyprinus carpio*, L.)

MARGARIDA MARIA BARROS FERREIRA LIMA
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Silveira

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
concentração: Nutrição Animal e
Pastagens.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
ABRIL - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Lima, Margarida Maria Barros Ferreira

L732e Efeitos do farelo de algodão, como sucedâneo protéico, sobre o desempenho produtivo e alterações anatomo-patológicas de alevinos de carpa (Cyprinus carpio, L.), Piracicaba, 1991.

58p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Carpa - Alevino - Efeito do farelo de algodão
2. Carpa - Nutrição 3. Carpa - Suplementação protéica
4. Farelo de algodão para carpa - Efeito 5. Ração para peixe 1. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

CDD 639.3752

EFEITOS DO FARELO DE ALGODÃO, COMO SUCEDÂNEO PROTÉICO,
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E ALTERAÇÕES
ANATOMOPATOLÓGICAS DE ALEVINOS DE
CARPA (*Cyprinus carpio*, L.)

MARGARIDA MARIA BARROS FERREIRA LIMA
Zootecnista

Aprovado em: 13 de maio de 1991

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antonio Carlos Silveira	- FMVZ/UNESP
Prof. Dr. Irineu Umberto Packer	- ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato	- FMVZ/UNESP

Prof. Dr. Antonio Carlos Silveira
Orientador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

VICENTE e LIZENA, pelo exemplo de amor e compreensão.

Aos meus irmãos,

ANA LÚCIA e LAURIVAL, pelo incentivo.

Ao meu marido,

MARCELO, pelo carinho, incentivo e exemplo de dedicação
profissional.

HOMENAGEM

Aos meus orientadores,

ANTONIO CARLOS SILVEIRA e LUIZ EDIVALDO PEZZATO

pelo exemplo humano e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SILVEIRA, pelo incentivo, atenção e segura orientação.

Aos Profs Dr. LUIZ EDIVALDO PEZZATO, Dr. ANTONIO CELSO PEZZATO e Dr. NEWTON CASTAGNOLLI, pelo exemplo, orientação, incentivo e amizade.

Aos Profs NABOR VEIGA, MARIO DE BENI ARRIGONI e LUIZ ROBERTO FURLAM, pelo apoio e incentivo demonstrados.

Ao Biólogo CARLO ROSSI DEL CARRATORE, pelo incentivo, amizade, auxílio na execução deste trabalho e principalmente pelas sugestões apresentadas.

À Profa Dra. MARIA CECÍLIA LUVIZOTTO, pela orientação e auxílio nas análises anatomopatológicas.

Ao Prof. Dr. CARLOS ROBERTO PADOVANI, pela orientação e auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. IRINEU UMBERTO PACKER, pelas sugestões apresentadas e principalmente pelo incentivo e exemplo profissional.

Ao Prof. Dr. CINIRO COSTA, pelas sugestões apresentadas e exemplo de dedicação científica.

À CRISTINA MAFALDA CANDIDO, pela arte gráfica, JOSÉ LUIS BARBOSA DE SOUZA e CARMEN SILVIA DE OLIVEIRA POLO, pela diagramação e SILVIO GARCIA MANOEL, pelo trabalho fotográfico.

Aos funcionários, MAURILIO MANOEL ANTONIO, JOÃO RODRIGUES DE OLIVEIRA, MAURO DOS SANTOS e BENEDICTA PEREIRA LUCIANO, pela colaboração na execução deste trabalho.

A REGINA TIEME NISHIYAMA, pela orientação bibliográfica.

Ao Sr. LUIZ FERREIRA LIMA, pela revisão ortográfica.

E aqueles que de alguma forma contribuíram na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

Item	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Pigmento gossipol - Características gerais	3
2.2. A presença do farelo de algodão em rações para peixes	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Desempenho Produtivo	13
3.2. Análise Macroscópica e Microscópica dos Órgãos dos Peixes	18
3.3. Composição Lipo-protéica dos Peixes	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Características da Água dos Aquários	20
4.2. Desempenho Produtivo	24
4.2.1. Ganho em peso	24
4.2.2. Conversão alimentar	35
4.3. Composição Lipo-protéica do Corpo dos Peixes	40
4.4. Análise Macroscópica e Microscópica dos Órgãos dos Peixes	47
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Fórmula estrutural do gossípol	04
Figura 2. Ganho em peso nos primeiros 35 dias experimentais	26
Figura 3. Ganho em peso em função dos níveis de farelo de algodão do início aos 70 dias experimentais	29
Figura 4. Ganho em peso do início aos 70 dias experimentais	30
Figura 5. Ganho em peso em função dos níveis de farelo de algodão do início aos 105 dias experimentais	33
Figura 6. Ganho em peso do início aos 105 dias experimentais	34
Figura 7. Conversão alimentar em função dos níveis de farelo de algodão do início aos 105 dias experimentais	38
Figura 8. Conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais	39
Figura 9. Nível protéico do corpo dos peixes, em função dos níveis de farelo de algodão	44

Figura 10. Nível lipídico do corpo dos peixes, em função dos níveis de farelo de algodão	45
Figura 11. Composição lipo-protéica do corpo dos peixes	46
Figura 12. Corte histológico do fígado dos peixes	49

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1.	Análise Química Bromatológica dos ingredientes utilizados para confecção das diferentes rações	15
Tabela 2.	Composição percentual dos ingredientes e características nutritivas das rações experimentais	16
Tabela 3.	Composição do Suplemento Vitamínico e Mineral	17
Tabela 4.	Análise Química Bromatológica das rações	17
Tabela 5.	Temperatura (°C) média, mínima e máxima diária da água dos aquários durante o período experimental	21
Tabela 6.	Teores médios semanais da concentração do oxigênio dissolvidos (OzD) e respectivas porcentagens de saturação nas diferentes fases experimentais	23
Tabela 7.	Valores médios semanais da concentração do pH da água dos aquários, nas diferentes fases experimentais	24
Tabela 8.	Valores médios de ganho em peso (g) nos diferentes períodos	25
Tabela 9.	Análise de variância dos valores médios de ganho em peso (g) dos peixes avaliados aos 35 dias experimentais	25

Tabela 10. Análise de variância do ganho em peso (g) dos peixes avaliados do início aos 70 dias experimentais	28
Tabela 11. Análise de variância do ganho em peso (g) dos peixes avaliados do início aos 105 dias experimentais	32
Tabela 12. Valores médios de conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais	37
Tabela 13. Análise de Variância da conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais	37
Tabela 14. Valores médios da composição lipo-protéica do corpo do peixe ao final do experimento	42
Tabela 15. Análise de variância do nível protéico do corpo dos peixes, avaliados ao final do experimento	42
Tabela 16. Análise de variância do nível lipídico do corpo dos peixes, avaliados ao final do experimento	43

EFEITOS DO FARELO DE ALGODÃO, COMO SUCEDÂNEO PROTÉICO,
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E ALTERAÇÕES
ANATOMOPATOLÓGICAS DE ALEVINOS DE
CARPA (*Cyprinus carpio*, L.)

Autor: MARGARIDA MARIA BARROS FERREIRA LIMA

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SILVEIRA

RESUMO

O presente experimento foi conduzido no Setor de Pesquisa em Nutrição de Organismos Aquáticos - unidade integrada ao Centro de Aquicultura da Unesp, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, "Campus" de Botucatu, com o objetivo de determinar o nível adequado de utilização do farelo de algodão como sucedâneo protéico no arraçoamento de alevinos de carpa comum (*Cyprinus carpio*, L.), através do seu desempenho produtivo e análises anatomopatológicas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de : A - (controle), ausência de farelo ou semente de algodão, B - 6,0% de semente de algodão descorticada e moída e os tratamentos C, D, E e F, receberam respectivamente, 6,0%, 12,0%, 18,0% e 24,0% de farelo de algodão, em substituição à fração protéica da dieta.

As rações experimentais foram formuladas de forma a apresentarem-se isoprotéicas (25,0% de proteína bruta) e isoenergéticas (2800 Kcal ED/Kg de ração).

Foram utilizados 54 alevinos, com peso médio inicial de 5,31g e comprimento médio padrão de 55,92 milímetros, distribuídos em 18 aquários, com capacidade de 45 litros e renovação contínua de água (0,32 litros/segundo).

Observou-se que o nível de 24,0% de substituição resultou em maior ganho em peso, melhor conversão alimentar, bem como, maior teor protéico e menor teor lipídico, não sendo observados sinais de problemas anti-nutricionais e que o emprego da semente de algodão, resultou em lesões macro e microscópicas hepáticas subletais.

x

EFEITOS DO FARELO DE ALGODÃO, COMO SUCEDÂNEO PROTÉICO,
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E ALTERAÇÕES
ANATOMOPATOLÓGICAS DE ALEVINOS DE
CARPA (*Cyprinus carpio*, L.)

Author: MARGARIDA MARIA BARROS FERREIRA LIMA
Adviser: Prof. Dr. ANTONIO CARLOS SILVEIRA

SUMMARY

The experiment was conducted in the Research Laboratory on Nutrition of Aquatic Organisms - A Unit integrated Aquaculture Center of UNESP, at Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, "Campus" of Botucatu. The aim of the experiment was to determine the adequate level of consumption of cottonseed meal as succedaneous protein for feeding fingerlings of carp (*Cyprinus carpio*, L.). The proper level of cottonseed meal consumption was determined by means of productive performance and anatomopathological analysis of fingerlings. The experimental design was completely randomized with six treatments and three replicates. The treatments were: A-(control), absence of cottonseed meal or seeds, B 6.0% of flour seed and C, D, E e F, with respectively 6.0%, 12.0%, 18.0% e 24.0% of cottonseed meal, in substitution to the proteic fraction of the diet. The diets were formulated isoproteic (25.0% PB) and isoenergetic (2800 Kcal ED/Kg of diets).

A uniform group of 54 fingerlings was studied. Their initial body-weight average was 5.31g and initial lenght average was 55.92mm. They were maintained in 18 aquariums of 45 liters each with continuous renovation of water (0.32 liter/second).

The replacement of 24.0% of the proteic fraction with cottonseed meal resulted in higher in body weight gain, better feeding conversion, higher level of body protein and lower level of body fat. No anti-nutritional signal was observed. The utilization of flour seed resulted in hepatic macro and microscopic sublethal lesions.

1. INTRODUÇÃO

A explosão demográfica e a conseqüente necessidade de se produzir alimentos de alta qualidade em especial aqueles oriundos da exploração animal, se constitui no fator básico do extraordinário desenvolvimento verificado na criação de peixes, especialmente se considerarmos o Japão, Estados Unidos e Israel.

No Brasil, este ramo de atividade era, há questão de duas décadas, relegado a plano inferior sendo raras as piscigranjas com características de empreendimento empresarial.

Atualmente, a criação de peixes começa a ocupar lugar de destaque no nosso país com possibilidade de, num futuro próximo, atingir posição de vanguarda no contexto mundial.

No complexo de produção a preocupação constante é aquela de atingir o objetivo principal da Zootecnia, ou seja, o de exploração econômica da espécie.

As espécies de peixes apresentam atualmente potencial genético favorável, dependendo entretanto ser acompanhado pelo conjunto alimentação e manejo.

Do ponto de vista da resposta econômica, justamente sobre o fator alimentação é que recai a maior parcela dos considerados ônus de produção, fazendo com que os benefícios finais da criação de peixes sejam mais ou menos sensíveis,

conforme o tipo de ração utilizada. Portanto, torna-se importante a exploração de novas fontes de matéria prima aliadas a técnicas mais modernas de processamento, procurando atingir a máxima potencialidade das rações.

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de algodão do mundo, cuja principal finalidade é a extração de fibra e óleo, os quais têm alto valor comercial e largo emprego para múltiplas finalidades. A produção nacional de algodão é de cerca de 1.300.000 toneladas/ano, sendo que de cada tonelada de semente produzida 26,23% destina-se à produção de farelo, ou seja, 340.990 toneladas.

O farelo de algodão, apesar de sua composição em proteínas, vitaminas e minerais tem sua utilização para os monogástricos limitada pela presença do Gossipol, o qual constitui-se num fator anti-nutricional pela sua combinação com o grupo amino de aminoácidos, tornando-os indisponíveis, especialmente a lisina. Entretanto pouco se sabe sobre sua atuação e sintomatologia causada no organismo dos peixes.

Neste contexto, o presente experimento teve por objetivo principal determinar o nível adequado de utilização do farelo de algodão como sucedâneo protéico no arraçamento de alevinos de carpa (*Cyprinus carpio*, L.), através de seu desempenho produtivo, bem como os prováveis efeitos anatomopatológicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pigmento gossipol - Características gerais

Técnicos que atuam na área de nutrição de peixes, com o objetivo do emprego de novas fontes protéicas sucedâneas que permitam a confecção de dietas viáveis biológica e economicamente têm recomendado o desenvolvimento de pesquisas com o farelo de algodão, em função de sua disponibilidade, preço e ainda da necessidade de equacionar-se as dúvidas da ação de seu fator anti-nutricional para peixes (PEZZATO, 1988).

WITHERS & CARRUTH (1915) e HARPER (1963), reportaram que os efeitos deletérios associados com o algodão ou farelo de algodão, resultaram do gossipol, um fenol tóxico, presente na semente.

MARCHLENSKI (1899), purificou o pigmento obtido e demonstrou ter características polifenólicas, de onde o nome gossipol se originou (*Gossypium fenol*), para indicar ambas, origem e natureza química.

O isolamento e a purificação do gossipol mediante o emprego de ésteres, foi proposto em três procedimentos por CARRUTH (1918): a) formação de um éter insolúvel, complexo ácido-acético - gossipol; b) formação de um sal sódio solúvel em água e purificação via ácido acético e c) tratamento com

anilina para formar um éter insolúvel diaminogossipol seguido pela hidrólise e purificação com o complexo ácido acético.

De acordo com ADAMS et alii (1960); SINGLETON et alii (1969); BERARDI & GOLDBLATT (1980), o gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$), 1,1',6,6',7,7',-hexaidroxi-5,5'-diisopropil-3,3'-dimetil-[2,2'-binaftaleno]-8,8'-dicarboxialdeído, ocorre em três formas equilibradas: aldeído, "enolic quinoid tautomer" e como hemiacetal com peridoxil, com a seguinte fórmula estrutural (Figura 1).

Figura 1. Fórmula estrutural do gossipol

Ainda de acordo com esses autores, a biossíntese do gossipol, ocorre através da via isopropenóide ou mevalonato; sendo ácido forte para um fenol, prontamente oxidável, com ação antioxidante.

A ação antioxidante do gossipol foi proposta por KATZUI & KATO (1954), que demonstraram que este pigmento pode ser utilizado como estabilizador da vitamina A, quando em soluções.

O pigmento polifenólico gossipol, conforme BOATNER (1948), está contido em discretos corpos chamados de glândulas pigmentares, as quais são encontradas nas folhas, caule, raízes

e semente de algodão.

RAO & SARMA (1945), relataram que o pigmento gossipol ocorre em maior quantidade em raízes que em sementes e em menor quantidade em outras partes da planta do algodão.

Segundo BERARDI & GOLDBLATT (1980), as glândulas pigmentares, também chamadas de glândulas de goma ou de resina, quando observadas em microscópio, constituem-se por pequenas manchas no tecido do embrião.

As glândulas pigmentares, conforme BOATNER (1948), correspondem de 2,4% a 4,8% do peso do embrião sendo que do peso destas glândulas pigmentares, de 20,6% a 39,4% são constituídas pelo gossipol, (BOATNER, 1948 e LYMAN et alii, 1963).

A presença de vários tipos de gossipol, foi demonstrada por BOATNER (1948), quando isolou cerca de seis tipos na sua forma purificada. Segundo este autor, os tipos de gossipol caracterizam-se por: a) gossipol e diaminogossipol (amarela), b) gossipurpurim (púrpura), c) gossifulvim (alaranjada), d) gossicaerulim (azul) e e) gossiverdurim (verde), sendo que estes variam sua presença caso a semente esteja estocada, cozida ou crua.

REEVENS & BEOSLEY (1935), demonstraram que o primeiro precursor do pigmento aparece nas glândulas do algodão no 18º dia e no 32º, ocorre a maturação da semente.

A quantidade de gossipol presente no farelo de algodão é resultante do conteúdo inicial deste na semente, pelas condições de seleção no preparo para extração de óleo e no processo para extração total (BERARDI & GOLDBLATT, 1980). Destacam ainda estes autores que, não só o gossipol livre mas parte deste combinado pode apresentar-se como biologicamente disponível, para os animais monogástricos.

Em função do sistema de processamento a que o farelo ou torta de semente de algodão tenham sido submetidos previamente, o problema do gossipol em dietas para peixes pode ser amenizado, NAS-NRC, 1983.

Conforme PONS *et alii* (1953), ainda que não se possa uniformizar, quanto a sua composição, os farelos de algodão produzidos pelos diferentes métodos, em geral os produzidos pelo método de extração direta com solventes mostram-se altos em gossipol livre (0,1% a 0,5%), enquanto que aqueles preparados por prensa de rosca, baixos (0,02% a 0,05%) e os submetidos a pré-pressão com solventes, intermediários (0,02% a 0,07%).

De acordo com ALTSCHUL *et alii* (1958) e BERARDI & GOLDBLATT (1980), o residual do gossipol total presente no farelo de algodão varia de 0,5% a 1,2%, independentemente dos processos de extração de óleo. Segundo estes autores os métodos comerciais para a produção do farelo de algodão envolvem o uso de técnicas para remoção, destruição ou agregação do gossipol, sendo que a média de óleo residual e o conteúdo de gossipol resultantes são respectivamente: a) prensa com rosca 3,8% e 0,02% a 0,05% ; b) prensa e extração com solvente 0,7% e 0,12% a 0,07% ; c) extração direta com solvente 1,0% e 0,1% a 0,5% e d) prensa hidráulica 6,0% e 0,04% a 0,10%.

BOATNER & HALL (1946), determinaram que alguns solventes orgânicos como o clorofórmio ou éter dietil, quando em contato prolongado, podem extrair completamente os pigmentos das glândulas, enquanto que, de acordo com BERARDI & GOLDBLATT (1980), o gossipol mostra-se solúvel em muitos solventes de polaridade intermediária, embora não seja prontamente solúvel em hexano ou água.

Segundo MARTINEZ & FRAMPTON, 1958 e BALIGA *et alii*, 1959, a ação do processamento do farelo de algodão sobre a qualidade da proteína resultante, é consequência da destruição da lisina por aquecimento, isto porque o gossipol puro reage com o grupo amino da lisina, reduzindo a lisina biologicamente disponível. BRESSANI *et alii*, (1964), além de concordar com a ação do cozimento no decréscimo da lisina disponível, ressaltam uma diminuição no gossipol total da farinha produzida.

Ainda no que se refere a ação do processamento do farelo

de algodão no valor de sua fração protéica, BUITRAGO et alii (1976), relatam que a extraída por solvente apresenta melhor qualidade protéica, seguida pela dos métodos de pré-prensagem mais solvente e prensagem. Conforme esses autores o farelo de algodão embora deficiente em lisina, apresenta-se como boa fonte em triptofano e moderada de metionina. A deficiência do primeiro é consequência de elevadas temperaturas durante a extração do óleo, processo que leva a combinação do gossipol e lisina, complexo pouco assimilável pelos monogástricos. A disponibilidade de lisina do farelo de algodão não degossipado, foi determinada por WILSON et alii (1981), como sendo de 66,6%.

A diminuição do valor biológico de uma dieta que contenha farelo de algodão, resulta da combinação aparente de bases Schiff's entre o carbonil do gossipol e o grupo amino de aminoácidos e que resulta em fator de toxicidade e efeito cumulativo de gossipol (CONKERTON & FRAMPTON, 1959).

De acordo com CLAWSON et alii (1961), quando uma dieta apresenta um alto nível de gossipol, seu efeito negativo não é anulado, apenas diminuído, pela ingestão protéica de alto valor biológico ou ainda por um excedente suplementar de lisina.

LYMAN et alii (1959) e SMITH et alii (1970) determinaram que a agregação do gossipol ao grupo amino de uma proteína, implica na diminuição de sua digestibilidade e aumenta o teor de gossipol presente nas excretas dos monogástricos.

Um dos objetivos do processamento da semente de algodão é a aglutinação do pigmento gossipol no farelo processado, isto porque este processo permite a detoxicação do pigmento gossipol mas, ao mesmo tempo causa uma baixa no valor biológico do farelo (BERARDI & GOLDBLATT, 1980).

Os agentes tóxicos do farelo de algodão podem ser neutralizados por três fatores, aparentemente não correlacionados: oxidação do ar, combinação com sais de ferro e a ação do calor úmido em autoclave, conforme BARBOSA, (1969).

De acordo com TANKSLEY (1970) e WATTS (1970), citados por LOVELL (1981), a adição de sulfato ferroso em dietas para

suínos e aves, resultou em sucesso para bloquear o efeito tóxico do pigmento gossipol, o que, segundo o autor, beneficiaria o uso do farelo de algodão em dietas para peixes.

BRAHAM et alii (1967); Abou-Donia et alii (1970) e BUITRAGO (1970), reportaram que a adição de sais de ferro na dieta com gossipol livre, diminui sua toxicidade, aumenta a proporção de gossipol agregado nas fezes, e que o aumento do nível pode apressar a eliminação do gossipol do corpo e produz hematologia normal. Ainda segundo BRAHMAN (1967), o ferro sózinho não previne os efeitos tóxicos do gossipol, necessita também da adição de 1,0% de hidróxido de cálcio na dieta com ferro.

Devido a grande dificuldade que representa a presença do pigmento gossipol nos farelos e óleos, tem-se desenvolvido estudos no sentido de se produzir comercialmente o algodão degossipado.

O farelo de algodão degossipado foi definido pela "TRADING RULES of NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION", como a fonte na qual o gossipol tenha sido desativado a ponto de conter não mais que 0,04% de gossipol livre (BERARDI & GOLDBLATT, 1980).

2.2. A presença do farelo de algodão em rações para peixes

De acordo com BERARDI & GOLDBLATT, (1980), a presença de altos níveis de gossipol livre causa efeitos fisiológicos desfavoráveis aos monogástricos, tendo como sintomas de toxicidade, a depressão do apetite e a perda de peso corporal. Segundo ALTSCHUL et alii (1958), o acúmulo de fluídos nas cavidades celulares, sugere que a permeabilidade da membrana possa estar envolvida. O envenenamento subagudo com gossipol resulta em morte por edema pulmonar, enquanto o envenenamento crônico, em desnutrição profunda e inanição (ALSBERG & SCHUWARTZE, 1919).

MENUAL (1923), determinou que a toxicidade deste composto, pode ser atribuída à inibição da conversão da oxihemoglobina para hemoglobina no sangue, e também para hemólise de eritrócitos, resultando em estresse nos órgãos respiratórios e circulatórios, tendo como sintomas gerais: anorexia, depressão no crescimento e finalmente morte.

Segundo LYMAN (1966), embora o emprego da lisina não exerça um grande efeito protetor ao valor biológico do farelo de algodão, LOVELL (1981), relata que após a determinação dos requerimentos em aminoácidos essenciais de uma espécie, a suplementação com lisina cristalina apresenta-se como alternativa para utilização do farelo de algodão em substituição ao farelo de soja.

A utilização do farelo de algodão em dietas para peixes, conforme WOOD & YASUTAKE (1956), pode resultar em menor ganho em peso, devido a presença do gossipol, limitando assim seu emprego, uma vez que esta pode implicar em anorexia e deposição de gordura no fígado dos mesmos. Além disso, GHITTINO et alii (1957), reportaram a presença de colangite em fígado de peixes alimentados com farelo de algodão.

Conforme relatado por WOLF (1952) e GHITTINO et alii (1957), que apresentam o fígado como órgão no qual o gossipol tende a promover alterações histopatológicas, WOLF & JACKSON (1963), destacaram a existência de uma correlação entre o uso do farelo de algodão em dietas para peixes e a presença de hepatomas.

Confirmando esta correlação, ROEHM et alii (1967), trabalhando com alevinos de truta-arco-íris (*Salmo gairdineri*), alimentadas com níveis de ácido acético-gossipol, verificaram que estes quando superiores a 0,025% por um período de 18 meses, resultaram em concentrações relativamente altas de gossipol livre e combinado no fígado. Por outro lado as dietas que continham níveis de 100 ppm de gossipol resultaram em baixos teores no tecido muscular, determinando assim ser o fígado o órgão principal responsável na eliminação deste

componente, sem afetar o desempenho produtivo da espécie. Tal fato havia sido verificado por WOLF (1952), quando observou bom desempenho da truta marrom, alimentadas com níveis de 27,0% de farelo de algodão.

Trabalhando com alevinos de *Chinook salmon* e *Coho salmon*, FOWLER (1980) observou que o *Chinook salmon* desenvolveu-se bem quando alimentado com dietas contendo farelo de algodão degossipado com níveis de até 34,0 %, enquanto o *Coho salmon* com níveis de até 22,0 % deste mesmo farelo.

JAUNCEY & ROSS (1982), afirmam que a utilização do farelo de algodão como fonte protéica em dietas para tilápias, não resulta em problemas se esta prática for limitada a uma fase inicial, enquanto que sua ação por um período prolongado encontrava-se ainda não determinada.

Conforme ressaltam BUITRAGO et alii (1976) e LOVELL (1981), a utilização do farelo de algodão no arraçoadamento de peixes pode estar limitada em virtude de sua deficiência em lisina.

Com o objetivo de avaliar o efeito do gossipol em alevinos de truta-arco-íris (*Salmo gairdineri*), HERMAN (1970), concluiu que o nível de 0,03 % de gossipol livre afetou a taxa de crescimento desses peixes. Observou ainda este autor, o aparecimento de alterações histológicas no fígado das trutas em virtude deste teor de gossipol livre na dieta.

ROBINETTE (1981), trabalhando com alevinos de bagre-do-canal arraçoados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de algodão, verificou que estes, quando inferiores a 20,0 % resultou em bom desempenho produtivo, enquanto que, níveis superiores, além de afetar o ganho em peso, causou toxicidade, atribuída ao gossipol.

O farelo de algodão degossipado suplementado com lisina mostrou-se adequado como fonte sucedânea, em substituição ao farelo de soja e/ou farelo de amendoim no arraçoadamento de alevinos do bagre-do-canal (ROBINSON et alii, 1984). Concluíram ainda, que a suplementação com lisina mostrou-se ser necessária

onde o farelo de algodão substituiu o farelo de soja.

Trabalhando com alevinos de tilápia áurea, com a finalidade de comparar farelo de algodão como substituto do farelo de amendoim e farelo de soja, ROBINSON et alii (1984) concluíram que o farelo de algodão degossipado não se apresentou como bom substituto, enquanto que o farelo de algodão não degossipado resultou significativamente em menores ganhos. Observaram ainda estes autores, que a tilápia áurea tem alta tolerância ao gossipol livre e que as diferenças no desempenho produtivo não podem ser atribuídas a este fator anti-nutricional, uma vez que níveis acima de 1,8 % não influenciaram significativamente seu crescimento, conversão alimentar e sobrevivência.

Segundo LOVELL (1981), o uso de farelo de algodão em dietas granuladas não prejudica a estabilidade desses grânulos na água, embora devido a quantidade de fibra deste subproduto possa interferir na expansão e flutuação de dietas submetidas ao processo de extrusão. Ressalta este autor, que o farelo de algodão mostrou-se palatável para peixes, especialmente para o salmão chinook, fato este confirmado por PEZZATO et alii (1988), quando verificaram que este farelo mostrou melhor palatabilidade que o de soja, trigo e girassol.

PEZZATO et alii (1988), determinaram a digestibilidade do farelo de algodão, o qual apresentou os seguintes coeficientes de digestibilidade aparente para proteína, fibra bruta, extrato etéreo e matéria seca, respectivamente de 93,21%; 57,20%; 98,23% e 84,88% e o valor de 3,595 Kcal/g para energia digestível.

OIOLI et alii (1990), trabalhando com alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentados com dietas isoprotéicas (24,0 % PB) e isoenergéticas (3600 Kcal/kg ração), com teores de 0; 33,3%, 66,6% e 100% do farelo de algodão em substituição a fração protéica da dieta, determinaram que existe um menor ganho em peso ($p \leq 0,05$) quando o farelo de algodão substituiu a fração protéica a níveis maiores que

33,3%. Além disso, peixes alimentados com farelo de algodão, apresentaram nos rins e fígado, lesões macro e microscópicas características de alterações subletais, ou seja, degeneração, necrose e inflamação peridutal no fígado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Desempenho Produtivo

A presente pesquisa foi conduzida na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Fazenda Lageado, setor de Pesquisa em Nutrição de Organismos Aquáticos, "Campus" de Botucatu, Unidade Integrada ao Centro de Aquicultura da UNESP.

O período experimental teve início no dia 30 de janeiro e término no dia 15 de maio de 1990, com duração total de 105 dias.

Este experimento foi realizado de acordo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições.

As rações foram formuladas conforme PEREIRA FILHO et alii (1978), de modo a apresentarem-se isoprotéicas (25,0% de proteína bruta) e isoenergéticas (2800 Kcal ED/Kg de ração), balanceadas segundo as normas apresentadas pelo NAS-NRC (1983).

As dietas foram constituídas por um tratamento controle (A), ao qual não se introduziu farelo ou semente de algodão, enquanto os demais receberam, 6,0%; 12,0%; 18,0% e 24,0% de farelo de algodão e 6,0% de semente de algodão descorticada e moída, constituindo, respectivamente os tratamentos C,D,E,F e B. O farelo de algodão utilizado foi proveniente da extração

com solvente hexana, com teor de toxina máximo de 50 ppb (partes por bilhão).

Utilizou-se 18 aquários de cimento amianto de igual dimensão (30x60x30), com capacidade de 45 litros, revestidos internamente com material isolante, verniz poliuretânico, dotados de um sistema de renovação contínua de água (0,32 litros/segundo).

Foram realizadas neste período, quatro pesagens, a cada 35 dias, ou seja: inicial (30 de janeiro), aos 35 dias (06 de março), aos 70 dias (10 de abril) e final (15 de maio), quando utilizou-se uma balança "Nagema Owalabor", com precisão de 0,1 gramas.

As dietas foram fornecidas, duas vezes ao dia (após a aferição da temperatura da água dos aquários), numa proporção que possibilitou ingestão máxima, sem que houvessem perdas em excesso.

Para retirada de eventuais sobras de ração e excretas não carregadas pelo sistema contínuo de renovação, foram sifonados semanalmente os aquários e para desinfecção, esterilizados com uma solução de formaldeído 1,0% e azul de metileno 1,0%, quando da realização das pesagens dos peixes.

Diariamente nos horários de 8:00 e 14:00 horas, foram efetuadas as leituras de temperatura da água dos aquários, durante todo o período experimental.

A avaliação das condições químicas da água, foram realizadas semanalmente, quando determinou-se o pH, através de um peagometro DMpH2 "Digimed" e a concentração de oxigênio dissolvido pela técnica de WINKLER, modificada pela adição de azida, conforme recomendada por BOYD (1984).

Foi utilizado um lote homogêneo de 54 alevinos de carpa comum (*Cyprinus carpio*, L.), três por aquário, provenientes desta mesma unidade, com peso médio inicial de 5,31 gramas e comprimento médio padrão de 55,92 milímetros.

Todos os ingredientes utilizados no preparo das rações e as rações experimentais, foram analisados no Laboratório de

Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, da FMVZ- "Campus" de Botucatu, segundo as normas recomendadas pela A.O.A.C. (1975) e A.O.C.S. (1967).

Os resultados das análises químico-bromatológica dos ingredientes apresentam-se na Tabela 1, a composição porcentual dos ingredientes e as características nutritivas das rações experimentais e do suplemento vitamínico-mineral, apresentam-se respectivamente, nas Tabelas 2 e 3, enquanto as análises químico-bromatológicas das rações, na Tabela 4.

Todos os ingredientes utilizados na confecção das rações que compõem os diferentes tratamentos experimentais, tiveram seu diâmetro, de partícula homogenizados através de moagem em moinho de discos "O.P." modelo C-15, com peneira de abertura "mash 40" (abertura de 0,42 mm). A mistura das diferentes rações e sua granulação, foram processadas na fábrica de rações da FMVZ-UNESP-"Campus" de Botucatu, empregando-se um misturador do tipo, "Y", e uma granuladora de rações, marca "Silver" (modelo CZ-1000A), com matriz de 1,8mm, dentro dos padrões normais de rotina desta fábrica. Esses grânulos foram fracionados no moinho acima mencionado, de modo a obter-se grânulos com diâmetro de 3,36mm (mash 6,0).

Tabela 1. Análise Químico-Bromatológica dos ingredientes utilizados para confecção das diferentes rações⁽¹⁾

INGREDIENTES	PB%	EE%	FB%	Ca ⁽²⁾	P ⁽²⁾
Fubá milho	10,06	5,37	1,69	0,02	0,09
Farinha de carne	44,37	17,54	1,29	11,97	5,80
Farelo de soja	48,13	2,94	7,12	0,36	0,18
Farelo de algodão	35,36	1,69	17,50	0,26	0,31
Semente de algodão	32,89	39,12	34,13	0,32	0,35

Análises realizadas no Laboratório de Bromatologia do D.M.N.A.- F.M.V.Z. - UNESP - "Campus" Botucatu.

(1) Valores expressos a 100% de Matéria Seca

(2) Valores estimados conforme ROSTAGNO et alii (1983)

Tabela 2. Composição porcentual dos ingredientes e características nutritivas das rações experimentais.

INGREDIENTES %	Tratamentos					
	A 0%FA	B 6%SA	C 6%FA	D 12%FA	E 18%FA	F 24%FA
Fubá milho	49,04	46,34	46,45	43,87	41,28	38,69
Farelo de soja	41,20	37,51	37,31	33,42	29,54	25,65
Farinha de carne	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Farelo de algodão	-	-	6,00	12,00	18,00	24,00
Semente de algodão	-	6,00	-	-	-	-
Fosbical	0,48	0,42	0,43	0,39	0,34	0,29
Calcario	0,38	0,40	0,41	0,43	0,46	0,49
Óleo algodão	0,82	1,25	1,29	1,76	2,23	2,70
DL-MET	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
L-LYS	0,24	0,24	0,27	0,29	0,31	0,34
Aglutinante	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
BHT(antioxidante)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Supl. Vitam. Min.	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
TOTAL	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Energia digestiva	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Cálcio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disp.	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Extrato etéreo	5,54	8,00	5,86	6,18	6,50	6,82
Fibra bruta	3,54	5,22	4,21	4,89	5,56	6,24

Tabela 3. Composição do Suplemento Vitamínico e Mineral

Níveis por grama do produto	
Manganês	0,071 g
Ferro	0,020 g
Cobre	0,0065 g
Zinco	0,0625 g
Iodo	0,0000375 g
Magnésio	0,00165 g
Sódio	0,00375 g
Potássio	0,00375 g
Fósforo	0,00075 g
Cálcio	0,275 g
Vitamina A	5000 UI
Vitamina D ₃	1000 UI
Vitamina E	2,75 mg
Vitamina K ₃	1,50 mg
Vitamina B ₆	0,50 mg
Vitamina B ₁₂	6,00 mcg
Ácido nicotínico	12,50 mg
Ácido pantotênico	5,00 mg
Selênio	0,0787 mg
Cloreto de colina	100,0 mg
DL metionina	250,0 mg
Antioxidante	5,00 mg

Tabela 4. Análise Químico-Bromatológica das rações

DIETAS	PB	EE	FB	Ca	P
A 0%FA ¹	25,50	5,57	3,26	1,00	0,49
B 6%SA ²	25,39	5,08	4,34	1,00	0,49
C 6%FA	25,05	7,50	5,17	1,00	0,49
D 12%FA	25,59	6,07	5,05	1,00	0,49
E 18%FA	25,20	6,94	5,65	1,00	0,49
F 24%FA	25,82	6,51	6,37	1,00	0,49

Análises realizadas no Laboratório de Bromatologia do D.M.N.A.-
F.M.V.Z. - UNESP - "Campus" Botucatu.

(1) Farelo de Algodão

(2) Semente de algodão descorticada e moída

3.2. Análise macroscópica e microscópica de órgãos dos peixes

Todos os indivíduos dos diferentes tratamentos, após a última pesagem, foram submetidos a uma análise macroscópica com a finalidade de se avaliar os órgãos internos.

No sentido de que fosse permitido um exame detalhado dos órgãos foram realizadas duas incisões dorso-ventrais, uma próxima ao óperculo e outra na abertura do poro urogenital. Uma terceira, paralela ao dorso, na região abdominal ventral, propiciando deste modo um rebatimento de toda musculatura e uma ampla exposição dos órgãos cavitaes, empregando-se para sua avaliação uma lupa "Ramsor" modelo LL-20 com aumento de dez vezes.

Imediatamente após a avaliação individualizada dos peixes dos diferentes tratamentos, foram coletados fragmentos de fígado dos mesmos, acondicionados em frascos, fixados com BOUIN, devidamente identificados e processados segundo as técnicas usuais de inclusão em parafina corados com H.E., para exame microscópico, conforme LUNA (1968).

3.3. Composição lipo-protéica dos peixes

Após a operação de rotina, referente as análises descritas no item (3.2), procedeu-se o descarte das víceras, cabeça e nadadeiras, dos indivíduos dos diferentes tratamentos e em seguida fracionados em fatias com diâmetro médio 0,7mm, as quais foram desidratadas em estufa a 52,0°C, por 72 horas. Posteriormente efetuou-se a moagem deste material mediante emprego de um moinho de facas tipo Willy, peneira com abertura de 0,42mm (mash 40), dando origem a uma farinha que foi empregada para determinação lipo-protéica do filé dos peixes.

As análises foram realizadas no Laboratório de

Bromatologia D.M.N.A. da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia -UNESP- "Campus" de Botucatu, sendo a composição protéica pelo método de micro KJEDHAL e a lipídica pelo método de SOXLET, segundo as normas da A.O.A.C.(1975).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características da Água dos Áquários

As temperaturas médias, máximas e mínimas diárias obtidas durante todo o período experimental, encontram-se apresentadas na Tabela 5.

Observa-se que embora tenham sido registradas temperaturas mínimas de $19,00^{\circ}\text{C}$ e $19,80^{\circ}\text{C}$, respectivamente para os períodos matutino e vespertino e máximas nestes mesmos períodos de $23,00^{\circ}\text{C}$ e $23,50^{\circ}\text{C}$, as médias térmicas gerais oscilaram entre $20,29^{\circ}\text{C}$ e $22,57^{\circ}\text{C}$.

Pode-se constatar ainda, através da Tabela 5, que as temperaturas registradas pela manhã e pela tarde nos primeiros 70 dias experimentais mantiveram-se constantes com uma variação de $+0,14^{\circ}\text{C}$ para o período matutino e $+0,06^{\circ}\text{C}$ para o vespertino. A partir de 11 de abril, correspondendo aos últimos 35 dias experimentais, ocorreram oscilações térmicas mais detectáveis, sendo de $1,10^{\circ}\text{C}$ e $1,15^{\circ}\text{C}$ menores que as médias anteriores, respectivamente para manhã e tarde.

Com base nestes registros podemos afirmar que embora as temperaturas estejam um pouco abaixo da recomendada como ideal por CASTAGNOLLI & CYRINO (1986), como sendo de $24,0^{\circ}\text{C}$ a $28,0^{\circ}\text{C}$,

Tabela 5. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, máxima e mínima diária da água dos aquários durante o período experimental

FASES EXPERIMENTAIS						
01/35 dias		35/70 dias		70/105 dias		
Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	
21,20	23,00	22,00	22,29	21,10	22,90	
21,20	23,00	21,00	22,50	20,80	22,00	
21,00	22,50	21,00	23,00	20,90	22,10	
20,90	22,00	21,80	23,00	21,50	22,00	
21,00	22,00	21,50	22,80	21,10	22,50	
21,50	22,20	22,00	23,00	21,50	23,00	
21,00	22,50	21,00	23,00	21,10	22,00	
21,00	22,00	22,00	23,50	21,00	20,50	
20,50	22,00	22,00	23,00	20,50	20,50	
21,00	22,50	21,50	22,80	19,00	19,80	
21,00	22,90	22,00	23,00	20,00	23,00	
22,00	23,00	22,00	23,00	23,00	22,00	
22,00	22,80	22,00	23,00	20,90	22,00	
21,00	23,00	21,50	21,80	20,50	22,00	
21,20	22,10	21,00	21,50	20,50	22,00	
21,80	22,00	21,00	21,50	20,50	22,10	
21,80	23,00	21,00	21,25	20,50	22,00	
21,50	22,50	20,50	21,10	20,10	22,00	
22,00	23,00	21,00	22,00	20,20	22,00	
22,00	23,00	21,10	22,00	21,00	21,50	
21,20	23,00	21,00	22,00	20,50	21,50	
20,80	23,00	21,00	20,90	19,80	21,00	
21,00	23,00	21,00	22,00	19,10	20,00	
21,00	23,00	20,90	22,10	19,10	20,50	
21,00	21,00	21,10	22,90	19,80	20,80	
21,25	21,50	22,00	23,00	19,10	20,50	
21,00	21,20	22,00	22,50	19,80	20,80	
21,00	22,00	21,00	23,00	19,80	21,00	
22,00	22,50	21,00	23,00	19,90	21,00	
21,00	22,00	21,10	23,00	19,50	21,00	
20,50	22,00	21,10	23,10	19,90	21,25	
21,90	23,00	21,50	23,25	20,25	20,25	
21,50	23,00	21,80	23,10	19,80	20,50	
22,00	23,00	22,50	23,50	19,80	20,50	
21,10	23,00	22,00	23,00	19,25	20,50	
$\bar{X}$	21,28	22,49	21,42	22,55	20,32	21,40
$s \pm$	0,45	0,57	0,50	0,70	0,84	0,87
MIN.	20,50	21,00	20,50	20,90	19,00	19,80
MAX.	22,00	23,00	22,50	23,50	23,00	23,00

podemos inferir que a faixa térmica não deve ter influenciado sobremaneira o desenvolvimento e a fisiologia dos peixes em todo o período experimental, uma vez que enquadra-se na faixa térmica ótima de desenvolvimento, conforme HUET (1978) e GALLI & TORLONI (1984), como compreendida entre 20,0°C e 28,0°C.

Os teores médios semanais da concentração de oxigênio dissolvido e as respectivas porcentagens de saturação de todo o período experimental encontram-se na Tabela 6. Observa-se que a concentração média de oxigênio dissolvido na água, manteve-se relativamente constante com uma pequena oscilação entre os três períodos experimentais.

Nos primeiros 35 dias experimentais o teor de oxigênio dissolvido mostrou-se intermediário quando comparado aos demais períodos, com média de 5,62 mg/l (73%). No período correspondente dos 35 aos 70 dias experimentais registrou-se o menor índice de todo o experimento, 5,30 mg/l (70%). No último período experimental, 70 - 105 dias, foi constatada a maior concentração de oxigênio dissolvido na água com um teor de 6,50 mg/l (83%) e ainda a maior média de todo período experimental, cujo teor foi de 5,89mg/l (75%). As concentrações de oxigênio dissolvido na água nos 105 dias experimentais apresentaram-se, com uma variação média não maior que 0,51 mg/l.

Os níveis de oxigênio dissolvido obtidos durante todo o período experimental, apresentaram-se dentro de uma faixa considerada como excelente para esta espécie, uma vez que CASTAGNOLLI & CYRINO (1986), apresentam-na como tolerante a baixas concentrações, enquanto GALLI & TORLONI (1984), apresentam como sendo de 3,20 mg/l o teor suportável para esta mesma espécie. Observa-se ainda, que estas concentrações mostraram-se concordantes às flutuações de temperatura da água dos aquários, ou seja, quando apresentaram-se elevadas, as concentrações de oxigênio dissolvido decresceram.

Tabela 6. Teores médios semanais da concentração do Oxigênio Dissolvidos (O₂D) e respectivas porcentagens de saturação nas diferentes fases experimentais

Semanas	Fases Experimentais		
	01/35 dias	35/70 dias	70/105 dias
1	5,56 (74%) ⁽¹⁾	5,45 (72%)	5,54 (71%)
2	5,48 (71%)	5,35 (71%)	5,59 (73%)
3	6,07 (79%)	5,30 (70%)	5,60 (73%)
4	5,45 (72%)	5,45 (72%)	6,50 (83%)
5	5,55 (72%)	5,35 (71%)	6,22 (78%)
Média	5,62 (73%)	5,38 (71%)	5,89 (75%)

(1) Valores entre parenteses expressam as respectivas porcentagens de saturação, obtida conforme BOYD (1984)

Os valores de pH registrados neste experimento, com médias de 6,17, 6,37 e 6,10, respectivamente nos primeiros 35 dias experimentais, 35 aos 70 dias e 70 aos 105 dias, (Tabela 7) com uma diferença máxima de 0,66 e média de 0,27, podem ser considerados como sendo praticamente constantes.

Estes resultados encontram-se dentro da amplitude apresentada como sendo satisfatória para o desenvolvimento dos peixes, conforme REID & WOOD (1976) e CASTAGNOLLI & CYRINO (1984) e da máxima produtividade por OSÓRIO *et alii* (1979).

Com base no comportamento dos peixes de todos os tratamentos experimentais, uma vez que não foram constatados sinais de debilidade, mortalidade ou evidências que pudessem refletir uma ação negativa dos parâmetros acima discutidos, podemos inferir que as diferenças de desempenho produtivo possam ser atribuídas exclusivamente às dietas experimentais.

Tabela 7. Valores médios semanais da concentração do pH da água dos aquários, nas diferentes fases experimentais

Semanas	Fases Experimentais		
	01/35 dias	35/70 dias	70/105 dias
1	5,97	6,43	6,20
2	6,03	6,36	6,17
3	6,12	6,17	5,96
4	6,28	6,25	6,03
5	6,44	6,62	6,13
Média	6,17	6,37	6,10

4.2 Desempenho Produtivo

4.2.1. Ganho em Peso

As médias de ganho em peso dos peixes dos tratamentos do início aos 35 dias, do início aos 70 dias e do início aos 105 dias experimentais estão apresentados na Tabela 8.

As médias de ganho em peso dos primeiros 35 dias experimentais, quando submetidas à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, revelaram através do teste F um efeito estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) para os tratamentos, com coeficiente de variação de 9,74%. Foram observados ainda efeito significativo a 5,00% quando do contraste entre semente de algodão e níveis de farelo de algodão, enquanto que para os níveis deste farelo não foi observado efeito significativo (Tabela 9).

Para melhor compreensão destes resultados, estabeleceu-se um índice relativo de comparação (IRC), quando atribuiu-se índice 100% ao grupo controle (tratamento A - nível zero de farelo de algodão), conforme ilustrado na Figura 2.

Tabela 8. Valores médios de ganho em peso (g) nos diferentes períodos

Período	Tratamentos					
	A 0%FA ⁽¹⁾	B 6%SA ⁽²⁾	C 6%FA	D 12%FA	E 18%FA	F 24%FA
Aos 35 dias	3,03	2,07	2,78	2,60	2,49	3,06
	2,95	2,00	3,07	2,90	2,74	3,09
	2,36	1,73	3,04	2,59	2,72	3,81
Aos 70 dias	4,31	3,55	4,83	4,01	4,61	6,02
	4,86	3,62	5,18	5,13	5,64	5,71
	3,44	2,79	5,76	4,56	5,59	6,92
Aos 105 dias	5,34	4,24	6,03	5,15	5,75	7,48
	5,96	4,13	6,21	6,67	6,72	7,63
	4,16	3,14	6,49	5,84	7,09	8,77

(1) Farelo de algodão

(2) Semente de algodão descorticada e moída

Tabela 9. Análise de variância dos valores médios de ganho em peso (g) dos peixes, avaliados aos 35 dias experimentais.

Causas da Variação	GL.	QM	F
Tratamentos	5	0,6282040	8,93*
Semente x demais	1	2,2499211	31,97*
Farelo (F)	4	0,2227747	3,16 ^{ns}
Resíduo	12	0,0703675	
Total	17	3,98543

Figura 2. Ganho em peso nos primeiros 35 dias experimentais

Verifica-se que o tratamento B (6,0% SA), resultou em menor ganho em peso, quando comparado aos demais tratamentos, sendo 30,47% inferior ao tratamento A; 37,05% em relação ao C; 27,46% ao D; 25,78% a E e finalmente 49,88% ao F, o qual apresentou maior desempenho.

As oscilações apresentadas pelo tratamento D e E em relação a A, C e F, possivelmente sejam resultantes dos efeitos adaptativos às dietas experimentais, uma vez que estes resultados de ganho em peso se comparados principalmente aos tratamentos C e F apresentaram comportamento inverso, fato não detectado na literatura consultada.

As médias de ganho em peso(g) do início aos 70 dias experimentais dos diferentes tratamentos (Tabela 10), quando submetidos à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, revelaram através do teste F, efeito estatisticamente significativo para tratamentos ($p \leq 0,05$), com coeficiente de variação de 11,98%. Observa-se ainda nesta tabela uma diferença estatisticamente significativa entre o contraste das médias do ganho em peso dos peixes que receberam dietas contendo semente de algodão (tratamento B) e os demais ($p \leq 0,05$).

Verificou-se efeito linear significativo, entre os níveis de farelo de algodão (x) e o ganho em peso (y), ou seja, $\hat{Y} = 0,0675013X + 4,2947$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 68% (Figura 3).

As médias de ganho em peso dos diferentes tratamentos (Tabela 8), quando comparados através de um índice relativo (IRC), conforme Figura 4, permite-nos observar diferenças nos ganhos em peso proporcionadas pelos diferentes tratamentos.

Tabela 10. Análise de variância do ganho em peso (g) dos peixes, avaliados do início aos 70 dias experimentais.

Causas da Variação	GL.	QM	F
Tratamentos	5	3,027858	9,12 [*]
Semente x demais	1	7,962590	23,99 [*]
Farelo (F)	4	1,794175	5,40 [*]
F'	1	4,920750	14,83 [*]
F''	1	0,293300	0,88 ^{ns}
F'''	1	1,160400	3,50 ^{ns}
F''''	1	0,802290	2,41 ^{ns}
Resíduo	12	0,331856	
Total	17	19,12156	

Verifica-se que a inclusão de 6,0% da fração protéica proveniente da semente de algodão, resultou num menor ganho (21,02%) quando comparado ao grupo controle (tratamento A). Observa-se também que quando comparado ao C (6,0% FA) esta diferença foi ainda maior 46,08%, evidenciando o prejuízo do desempenho dos peixes proporcionados nestes 70 dias experimentais quando do emprego de um ingrediente não degossipado. Da mesma forma, o tratamento B, quando comparado aos demais níveis de emprego de farelo de algodão, comportou-se de forma significativa.

Figura 3. Ganho em peso em função dos níveis do farelo de algodão do início aos 70 dias experimentais

Figura 4. Ganho em peso do início aos 70 dias experimentais.

Através da Figura 4, pode-se constatar ainda que as diferenças de ganho em peso, resultantes da inclusão crescente de níveis de farelo de algodão resultou em maiores ganhos, ou seja, 25,06%; 8,64%; 25,61% e 47,92%, respectivamente, para os tratamentos C,D,E e F.

Como o desempenho produtivo dos peixes de 0 a 70 dias superou os obtidos de 0 a 35 dias, permite-nos reforçar que o melhor efeito da inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão, se deu dos 35 aos 70 dias experimentais, quando os peixes já se achavam adaptados às condições de estresse dos aquários. PEZZATO (1987), observou que o período mínimo adaptativo, em condições experimentais, é de 20 dias.

Os valores médios de ganho em peso, obtidos aos 105 dias experimentais, período total, (Tabela 8), quando submetidos à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, revelaram através do teste F, efeito estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) para os tratamentos, com coeficiente de variação de 11,42%, Tabela 11. Constatou-se diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) quando do contraste das médias do ganho em peso dos peixes que foram arraçoados com semente de algodão (tratamento B) e os demais. Quando do desdobramento dos graus de liberdade do farelo de algodão, verificou-se efeito linear significativo, fato que permite o estabelecimento de uma relação funcional entre o nível de farelo de algodão presente na dieta (X) e o ganho em peso dos peixes (Y), ou seja, $\hat{Y} = 0.0957X + 5,2407$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 78% (Figura 5).

Para melhor compreensão do efeito da utilização de um subproduto protéico degossipado (farelo de algodão) e não degossipado (semente de algodão descorticada e moída) no desempenho produtivo, atribuiu-se índice 100% ao grupo controle (tratamento A - 0% de farelo de algodão), conforme Figura 6. Verifica-se que a presença de 6,0% SA na dieta, tratamento B, resultou num ganho em peso 25,55% inferior ao tratamento A, confirmando os efeitos verificados por ALSBERG & SCHUWARTZE

Tabela 11. Análise de variância do ganho em peso (g) dos peixes avaliados do início aos 105 dias experimentais.

Causas da Variação	GL	QM	F
Tratamentos	5	5,797472	12,63*
Semente x demais	1	16,281760	35,47*
Farelo (F)	4	3,176392	6,92*
F'	1	9,884280	21,53*
F''	1	0,469370	1,02 ^{ns}
F'''	1	1,955850	4,26 ^{ns}
F''''	1	0,396070	0,86 ^{ns}
Resíduo	12	0,459057	
Total	17	34,49604	

(1919), MENUAL (1923), WOOD & YASUTAKE (1956), GHITTINO *et alii* (1957) e ALTSCHUL *et alii* (1958). Por outro lado, o nível de 6,0% de farelo de algodão, tratamento C, proporcionou uma média de ganho superior em relação ao A de 21,15% e 47,70% ao B.

Resultados favoráveis do emprego do farelo de algodão no arraçoamento de bagre do canal foram também observados por ROBINETTE (1981), limitando este autor a utilização a níveis não superiores a 20,0%, enquanto que, para esta mesma espécie, ROBINSON *et alii* (1984), concluíram ser adequado como fonte protéica sucedânea.

Observa-se ainda através da Figura 6, que a utilização do farelo de algodão resultou em maiores ganhos em peso quando comparados ao nível zero (tratamento A), sendo esta superioridade respectivamente de, 14,23%; 26,52% e 54,46%, para os tratamentos D, E e F.

Figura 5. Ganho em peso em função dos níveis do farelo de algodão do início aos 105 dias experimentais

Figura 6. Ganho em peso do início aos 105 dias experimentais.

O uso limitado do farelo de algodão, foi também determinado para a truta arco íris (*Salmo gairdineri*) por ROEHM et alii (1967), confirmando os de WOLF (1952), os quais recomendaram níveis não superiores a 27,0%, enquanto que, para *Chinook salmon* níveis de até 34,0% e para o *Coho salmon* níveis de até 22,0%, FOWLER, 1980.

Levando-se em consideração os resultados proporcionados pelo farelo de algodão durante todo o período experimental, em relação ao ganho em peso, aliados a não constatação de mortalidade, ou efeitos aparentes que pudessem caracterizar uma ação negativa da utilização destes diferentes níveis de farelo, bem como a presença deste ingrediente, proporcionou melhor palatabilidade às rações, conforme demonstrado por LOVELL (1981), PEZZATO et alii (1988), OIOLI et alii (1990) e MARTIN (1990), o que evidencia sua utilização como sucedâneo protéico em rações para peixes.

Os resultados obtidos no presente experimento, apresentam-se concordantes com JAUNCEY & ROSS (1982), quando afirmam que o farelo de algodão pode ser utilizado como fonte protéica em dietas para alevinos de tilápia, enquanto que, OIOLI et alii (1990), limitam sua utilização em substituição ao farelo de soja ao nível de 33,3%.

Com respeito à semente de algodão descorticada e moída, sua utilização ao nível de 6,0% (tratamento B), proporcionou 1,34 vezes menos peso que o tratamento controle, 2,70 vezes em relação ao tratamento F (24,0% FA). Tal fato pode ser atribuído ao gossipol presente neste ingrediente, tendo em vista que as sementes não foram degossipadas.

4.2.2. Conversão Alimentar

Os valores médios de conversão alimentar dos diferentes tratamentos encontram-se apresentados na Tabela 12. Submetendo-se esses valores à análise de variância para

experimentos inteiramente casualizados, revelaram através do teste F, efeito estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$), para os tratamentos com um coeficiente de variação de 5,34% (Tabela 13). Observa-se ainda, efeito significativo quando do contraste entre as médias do tratamento B e os demais e efeito linear significativo entre os níveis de farelo de algodão, com um coeficiente de determinação de 94%. (Figura 7).

Os tratamentos E e F, de maneira semelhante apresentaram as melhores conversões alimentar, respectivamente de 2,458 e 2,165. A seguir, os tratamentos C e D, mostraram-se como intermediários (2,640 e 2,601), embora o D tenha sido semelhante ao E. Finalmente os tratamentos A, C e D, sem se diferir estatisticamente, apresentam a pior conversão alimentar dentro dos níveis de farelo (A - 2,890). Por outro lado, todos estes tratamentos proporcionaram uma melhor conversão alimentar quando comparados ao tratamento B (4,273).

Na Figura 8, onde o índice 100% foi atribuído ao grupo controle (A), pode-se verificar que embora semelhantes os tratamentos C e D apresentaram uma melhor conversão alimentar em relação ao A, respectivamente de 8,65% e 9,80%. Isto demonstra que a presença de 6,0% e 12,0% de farelo de algodão proporcionou uma melhoria na eficiência alimentar de 3,28% e 3,85%, respectivamente.

A presença de 18,0% de farelo de algodão (tratamento E) ainda que tenha mostrado uma conversão alimentar 4,96% superior ao nível de 12,0% (tratamento D), foram estatisticamente semelhantes. Entretanto, quando comparado ao controle apresentou-se 14,96% superior.

Através da Figura 8, pode-se ainda observar que a melhor conversão alimentar foi proporcionada pelo tratamento F (24,0% FA), o qual não diferiu estatisticamente ($p \geq 0,05$) do tratamento E (18,0%), evidenciando que um aumento na quantidade de farelo de algodão resulta em tendência de melhoria na conversão alimentar, de 12,0%.

Os resultados apresentam-se discordantes aos obtidos por

ROBINSON et alii (1984), quando concluíram que o gossipol não influenciou significativamente na conversão alimentar de alevinos de tilápia áurea. Todavia, estes resultados, confirmam

Tabela 12. Valores médios de conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais

	Tratamentos					
	A	B	C	D	E	F
	0%FA ⁽¹⁾	6%SA ⁽²⁾	6%FA	12%FA	18%FA	24%FA
	2,840	4,195	2,595	2,675	2,740	2,340
	2,980	4,240	2,760	2,450	2,360	2,175
	2,850	4,385	2,565	2,680	2,275	1,980
Média	2,890 ^b	4,273 ^a	2,640 ^b	2,601 ^{bc}	2,458 ^{cd}	2,165 ^d

Médias seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

(1) = Farelo de algodão

(2) = Semente de algodão descorticada e moída

Tabela 13. Análise de variância da conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais.

Causas da Variação	GL	QM	F
Tratamentos	5	1,65301	71,86 [*]
Semente x demais	1	7,41608	74,72 [*]
Farelo (F)	4	0,21224	9,23 [*]
F'	1	0,79870	34,72 [*]
Desvios de regressão	3	0,01676	0,73 ^{ns}
Resíduo	12	0,02300	
Total	17

Figura 7. Conversão alimentar em função dos níveis de farelo de algodão do início aos 105 dias experimentais.

Figura 8. Conversão alimentar do início aos 105 dias experimentais.

a observação feita por MARTIN (1990), de que podem ocorrer diferenças entre as espécies de peixes, quanto a tolerância ao gossipol.

A melhoria na conversão alimentar, proporcionada pelo emprego crescente de farelo de algodão, até o nível de 24,0%, somados aos acréscimos de ganho em peso e consumo alimentar, nos

permite inferir que este ingrediente pode ser uma alternativa viável como sucedâneo protéico em dietas para peixes. Entretanto, o mesmo, não pode ser preconizado à semente de algodão, que apresentou pior conversão alimentar e menor ganho em peso, quando ao nível de 6,0% na dieta.

A ação negativa do gossipol no desempenho de peixes apresenta-se concordante com WITHERS & CARRUTH (1915), HARPER (1963) e MARTIM (1990), quando reportaram os efeitos deletérios resultantes da presença deste pigmento antinutricional na semente de algodão, recomendando limitações quanto ao seu emprego.

4.3. Composição Lipo-protéica do Corpo dos Peixes

Os valores médios de cada repetição experimental de gordura (método de SOXLET) e proteína (método de micro KJELDHAL) no corpo dos peixes, dos diferentes tratamentos apresentam-se na Tabela 14.

Submetendo-se os dados do nível protéico à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, revelaram através do teste F, efeito estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) para tratamentos com coeficiente de variação de 0,60%. (Tabela 15).

Constata-se ainda, através desta tabela, efeito estatisticamente significativo, quando do contraste entre as médias do tratamento B (6,0% de semente de algodão) e os demais e um efeito linear significativo entre os níveis de farelo de algodão (x) e nível protéico do corpo dos peixes (y). (Figura 9). Embora o desvio de regressão tenha sido significativo, os coeficientes de determinação das equações quadrática e de quarto grau apresentaram-se baixos, respectivamente 20% e 12%, não havendo interesse portanto em estudá-las.

Os resultados demonstraram que a presença do farelo de algodão nas dietas proporcionou um maior teor protéico no corpo

dos peixes, enquanto que a semente de algodão, descorticada e moída (tratamento B), o menor teor.

Com intuito de melhor visualização do efeito dos tratamentos sobre o teor protéico da carcaça, estabeleceu-se um índice relativo de comparação (IRC), onde ao tratamento A (0% FA), atribuiu-se índice 100% e os demais apresentaram os seguintes: B (6,0% SA)=91,57%; C (6,0% FA)=97,25%; D (12,0% FA)=101,55%; E (18,0% FA)=101,62% e F (24,0% FA)=106,80%, conforme pode ser visualizado na Figura 11.

Os índices obtidos evidenciam, que o farelo de algodão proporcionou um maior percentual de proteína retida na carcaça, destacando-se o tratamento F (24,0% FA), com 6,80%. O emprego de 6,0% de semente de algodão descorticada e moída, resultou no menor índice (8,43%), quando comparado ao controle, enquanto que o mesmo teor de farelo de algodão (tratamento C), apresentou um percentual de proteína bruta retida na carcaça 5,68% superior ao tratamento B.

A composição percentual constatada nos diferentes tratamentos indica que a inclusão crescente de farelo de algodão tendeu, de modo significativo ($p \leq 0,05$), a proporcionar uma maior fração protéica à carcaça, enquanto que, a semente de algodão, decorticada e moída, o menor teor.

Com relação aos valores médios da composição lipídica do corpo dos peixes ao final do experimento (Tabela 14), submetidos à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, revelaram efeito estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$), através do teste F. (Tabela 16).

Quando do contraste entre os tratamentos B e os demais, observa-se nesta mesma tabela, efeito significativo e efeito linear significativo, com R^2 de 74%, para os níveis de farelo. (Figura 10). As equações quadráticas, cúbica e de quarto grau apresentaram-se significativas (desvio de regressão significativo), porém com coeficientes de determinação baixos, ou seja, 14%, 9% e 10%, não havendo interesse em desdobrá-las.

Tabela 14. Valores médios da composição lipo-proteica do corpo do peixe ao final do experimento

Tratamentos											
A		B		C		D		E		F	
0%FA ⁽¹⁾		6%SA ⁽²⁾		6%FA		12%FA		18%FA		24%FA	
PB	EE	PB	EE	PB	EE	PB	EE	PB	EE	PB	EE
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
62,20	35,48	56,59	34,32	60,58	32,40	63,25	28,06	62,81	30,52	65,97	28,72
61,41	35,88	56,60	34,06	59,63	32,69	62,77	29,12	62,82	29,84	66,47	29,10
61,81	35,08	56,60	33,80	60,11	32,98	62,28	28,59	62,79	30,18	65,59	28,34

(1) Farelo de algodão

(2) Semente de algodão descorticada e moída

Tabela 15. Análise da variância do nível protéico do corpo dos peixes, avaliados ao final do experimento.

Causas da Variação	GL.	QM	F
Tratamentos	5	24,71847	182,66*
Semente x demais	1	93,10635	688,01*
Farelo (F)	4	13,87150	102,50*
F'	1	37,00741	273,46*
Desvio de regressão	3	6,15954	45,51*
Resíduo	12	0,13532	
Total	17		

Tabela 16. Análise da variância do nível lipídico do corpo dos peixes, avaliados ao final do experimento.

Causas da Variação	GL.	QM	F
Tratamentos	5	24,99756	175,91*
Semente x demais	1	21,43296	150,83*
Farelo (F)	4	25,88871	182,19*
F'	1	77,08827	542,49*
Desvio de regressão	3	8,82219	62,08*
Resíduo	12	0,14210	
Total	17		

Para melhor compreensão dos efeitos dos diferentes tratamentos sobre a fração lipídica da carcaça dos peixes, atribuiu-se índice 100% ao tratamento A (0% FA), sendo que os demais apresentaram os seguintes índices: tratamento B(6,0% FA)=96,00%; C(6,0% FA)=92,14%; D(12,0% FA)=80,58%; E(18,0% FA)=85,06% e F(24,0% FA)=80,95%, conforme ilustrado na Figura 11.

Os índices obtidos ressaltam que os tratamentos que continham farelo de algodão em sua composição, proporcionaram significativamente ($p \leq 0,05$) um menor depósito lipídico quando comparado ao controle, em média de 15,31%. Os tratamentos D (12,0% FA) e F (24,0% FA), foram os que resultaram em menor porcentual, respectivamente de 19,42% e 19,05%.

O tratamento B, com 6,0% de semente de algodão, descorticada e moída resultou num conteúdo lipídico significativamente inferior ao tratamento controle e superior aos demais tratamentos.

Os resultados demonstraram que, os níveis de farelo de algodão empregados neste experimento, podem proporcionar peixes com menor teor lipídico e maior teor protéico à carcaça.

O comportamento inverso entre os teores protéico e lipídico, estão concordantes com as obtidas por OIOLI et alii

(1990), quando trabalharam com o farelo de algodão, constatando uma elevação de até 2,49% na composição protéica e uma diminuição de 24,20% na lipídica, contida no corpo dos peixes.

Figura 9. Nível protéico do corpo dos peixes, em função dos níveis de farelo de algodão.

Figura 10. Nível lipídico do corpo dos peixes, em função dos níveis de farelo de algodão.

Figura 11. Composição lipo-protéica do corpo dos peixes.

4.4 Análise Macroscópica e Microscópica dos Órgãos dos Peixes

A análise macroscópica dos órgãos dos peixes dos diferentes tratamentos não revelou quaisquer alterações detectáveis para o coração, baço e trato digestivo. Entretanto, estas foram observadas à nível de depósito lipídico visceral e fígado.

Os peixes, quando comparados, quanto ao depósito de gordura visceral, revelaram que o tratamento A (grupo controle) foi o único a não apresentar reserva lipídica ao nível de vísceras, enquanto que, destacadamente o tratamento B (6,0% SA) o maior depósito e os demais tratamentos, com um discreto e semelhante acúmulo de gordura. Estas diferenças observadas merecem maiores estudos, tendo em vista que não podem ser vistas exclusivamente como resultantes da ação das diferentes dietas, por serem isoprotéicas e isoenergéticas.

Com relação aos fígados dos peixes do grupo controle, verificou-se uma coloração vermelho acastanhado, semelhante a de indivíduos normais. Nos peixes do tratamento B (6,0% SA), os fígados, apresentaram-se marrom, com a presença difusa de pontos esbraquiçados, enquanto que os do tratamento C e D, coloração marrom claro e pontos esbranquiçados difusos. Nos tratamentos E e F a coloração apresentada pelos fígados foi marrom avermelhada, com uma pequena semelhança se comparados ao tratamento B.

Os resultados da análise macroscópica dos fígados dos peixes sugere que as diferenças detectadas têm origem no emprego deste ingrediente em sua alimentação, uma vez que o gossipol apresenta coloração e deposita-se neste órgão (ROHEM et alii, 1967 e DIOLI et alii, 1990).

As observações decritas, confirmam as relatadas por WOLF (1952), GHITTINO et alii (1957) e WOLF & JACKSON (1963), que destacaram a presença de visíveis alterações hepáticas, em peixes alimentados com farelo de algodão.

No que se refere à análise microscópica dos fígados dos peixes, verificou-se diferenças marcantes quanto à presença e intensidade de pigmentos entre os tratamentos.

No tratamento A, fígado normal, os hepatócitos apresentaram-se com formato poliédrico, citoplasma vacuolizado e núcleo central, sendo raramente observado a presença de granulos de coloração amarelada no interior das células (Figura 11).

Os fígados dos peixes do tratamento B, apresentam-se com hepatócitos vacuolizados, núcleo central e nucléolo evidente. Chamou a atenção a presença de pigmentos castanho amarelado nos hepatócitos, ao redor das células do hepatopâncreas, próximo de ductos biliares e na periferia de vasos. Certas áreas exibiram proliferação de ductos biliares de pequeno calibre e ao redor destes, observou-se pigmentos acastanhados. Verificou-se ainda, uma discreta proliferação fibrosa associada a infiltrado mononuclear, sugerindo uma pericolangite (Figura 11).

Os fígados dos peixes que receberam farelo de algodão, tratamentos C(6,0% FA), D(12,0% FA), E(18,0% FA) e F(24,0% FA), mostraram-se semelhantes. Detectou-se a discreta presença de pigmentos de coloração amarelada, no interior e na periferia de hepatócitos. Nas áreas do hepatopâncreas, este pigmento também aparece junto das células pancreáticas. Na parede de alguns ductos biliares, observou-se um espessamento com discreta infiltração mononuclear, sugerindo início de uma reação inflamatória, conforme pode ser observado na Figura 11.

Os hepatócitos, para todos os tratamentos, mostraram-se vacuolizados, de forma difusa e com variável intensidade, que segundo HERMAN (1970), é resultante da deposição de glicogênio nestas células.

A constatação de pigmentos amarelados, presentes no citoplasma dos hepatócitos, em todos os tratamentos exceto o grupo controle, apresenta características morfológicas idênticas as citadas por SINHUBER et alii (1968) e HERMAN (1970) em trutas, e OIOLI et alii (1990) em tilápias. As

alterações patológicas decorrentes da ação do gossipol observadas neste experimento, como por exemplo o infiltrado inflamatório ao redor de ductos biliares, também foi observada por GHITTINO (1957), HERMAN (1970) e OIOLI et alii (1990).

Figura 12. Corte histológico do fígado dos peixes

Os resultados microscópicos, a nível de células hepáticas, dos indivíduos cujas dietas continham semente ou farelo de algodão, demonstraram que o fígado participa do metabolismo deste fator antinutricional. O farelo de algodão (ingrediente degossipado), parece não acarretar alterações patológicas tão acentuadas quanto os da semente de algodão, evidenciando que estas alterações são decorrentes da presença do gossipol.

A participação do fígado como órgão principal responsável na eliminação do gossipol foi sugerida por ROEHM et alii (1967) e confirmada por OIOLI et alii (1990), quando afirmaram da probabilidade da atuação deste órgão no processo metabólico envolvendo o gossipol.

Considerando-se o desempenho produtivo, a composição lipo-protéica e as análises anatomopatológicas, permite-nos inferir que maiores estudos devam ser realizados com o farelo de algodão, a fim de se obter resultados mais concretos, proposição que encontra apoio em LOVELL (1981), PEZZATO et alii (1987) e OIOLI et alii (1990).

A utilização do farelo de algodão, como sucedâneo protéico, não implicando em resultados desfavoráveis, confirmam os resultados das investigações feitas por WOLF (1952), ROEHM et alii (1967), BUITRAGO et alii (1976), FOWLER (1980), JAUNCEY & ROSS (1982), ROBINSON et alii (1984), OIOLI et alii (1990) e MARTIN (1990).

No que se refere ao emprego da semente de algodão, os resultados encontrados, confirmam as restrições propostas por BUITRAGO et alii (1976), LOVELL (1981), ROBINETTE (1981) e NAS-NRC (1983) e ainda os efeitos deletérios do gossipol (ALSBERG & SCHUWARTZE, 1919; MANUAL, 1923; WOOD & YASUTAKE, 1956; LYMAN, 1966; BERARDI & GOLDBLATT, 1969 e SMITH 1970).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente experimento permitiram as seguintes conclusões:

a. O farelo de algodão pode ser utilizado em níveis de até 24,0%, como excelente sucedâneo protéico, para arraçoamento inicial de alevinos de carpa comum, por ter proporcionado melhor conversão alimentar.

b. A semente de algodão descorticada e moída, deve ser evitada em rações iniciais para alevinos de carpa comum em virtude da presença do gossipol, tendo em vista, que resultou em lesões macro e microscópicas subletais, bem como, menor crescimento e pior conversão alimentar.

c. O emprego do farelo e semente de algodão, revelou alterações anatomopatológicas ao nível de fígado, especialmente na semente de algodão descorticada e moída, indicando ser este o principal órgão responsável pelo metabolismo do gossipol.

d. O emprego do farelo de algodão, não implicou mortalidade, ou qualquer sinal de problemas antinutricionais, propiciando peixes com maior teor protéico e menor teor lipídico na carcaça, sendo que o mesmo não ocorreu com a semente de algodão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-DONIA, M.B.; LYMAN, C.M., DIECKERT, J.W. Metabolic fate of gossypol: the metabolism of C-gossypol in rats. *Lipids*, Champaign, v.5, p.939, 1970.

ADAMS, R., GEISSMAN, T.A., EDWARDS, J.D. Gossypol, a pigment of cottonseed. *Chem. Rev*, Washington, v.60, p.555, 1960.

ALSBERG, C.L., SCHWARTZE, C.N. Pharmacological action of gossypol. *J. Pharmacol Exp. Ther.*, Baltimore, v.13, p. 504, 1919.

ALSTCHUL, A.M., LYMAN, C.M., THURBER, F H. In: ALSTCHUL, A.M., ed. *Processed plant feedstuffs*. New York: Academic Press, 1958. chap. 17.

ASSOCIATION OIL CHEMIST'S. *Official and Tentative Methods of the American Oil Chemist's Society*. 3.ed. Cincinnati, 1967.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 12.ed. Washington, 1975. 1015 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 1989. 19p.

BALIGA, B.D., BAYLISS, M.E., LYMAN, C.M. Determination of free lysine e-amino groups in cottonseed meals and preliminary studies on relation to protein quality. *Arch. Biochem. Biophys.*, Duluth, v.84, p.1-6, 1959.

BARBOSA, C. Toxidez do gossipol em várias espécies de animais e sua influência sobre a utilização do farelo de algodão nas rações. *Zootecnia*, São Paulo, v.7, n.2, p.39-54, 1969.

BERARDI, L.C., GOLDBLATT, L.A. Gossypol. In: LIENER, I.E., ed. *Toxic constituents of plant foodstuffs* 2.ed. New York, Academic Press, 1980. p.183-237.

BOATNER, C.H. In: AILEY, A.E., ed. *Cottonseed and cottonseed products: their chemistry and chemical technology*. New York: J. Wiley, 1948. chap.6.

BOATNER, C.H., HALL, C.M. The pigment glands of cottonseed. I. Behavior of the glands toward organic solvents. *Oil Soap*, v.23, p.123-28, 1946.

BOYD, C.E. *Water quality in warmwater fish ponds*. 3ed Alabama Auburn University, 1984. 359p.

BRAHAM, J.E., JARQUIM, R., BRESSANI, R., et alii Effect of gossypol on the iron binding capacity of serum in swine. *J.Nutr.*, Bethesda, v.93, p.241, 1967.

BRESSANI, R., ELIAS, L.G. JARQUIN, R. et alii All-vegetable protein for human feeding. XIII. Effects of coking mixtures containing cottonseed flour on free gossypol content. *Food Technol.*, Chicago, v.18, p.1599-1603, 1964.

- BITRAGO,J.A., CLAWSON,A.J., and SMITH,F.H. Effects of dietary iron on gossypol accumulation in and elimination from porcine liver. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v.31, p.554, 1970.
- CASTAGNOLLI,N., CYRINO,J.E.P. Piscicultura nos trópicos São Paulo: Ed. Manole Ltda, 1986. 152p.
- CLAWSON,A.J., SMITH,F.H., OSBORNE,L.C. et alii Effect of protein source, autoclaving and lysine supplementation on gossypol toxicity. *J. Anim. Sci.* Champaign, v. 20, p.547, 1961.
- CONKERTON,E.J., FRAMPTON, V.H. Reaction of gossypol with free e-amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem Biofhy.*, Duluth, v.81, p.130-34, 1959.
- FLOWLER,L.G. Substituion of soybean and cottonseed, products for fish meal in diets fed chinook and coho salmon. *Prog. Fish Cult.*, Bethesda, v.42, p.87-91, 1980.
- GALLI,L.F., TORLONI,C.E.C. *Criação de peixes*. 2.ed.rev. São Paulo: Nobel, 1984. 119p.
- GHITTINO,D., PROVANA,A., CODEGONE,M.L. Experimental dietary hepatoma in rainbow trout: the role of cottonseed meal and other diets. *Cancro*, Torino, v.20, p.24, 1957.
- HARPER,G.A. The development of glandless cottonseed or mill gaz. p. 25-26. v.68. 1963.
- HERMAN,R.L. Effects of gossypol on rainbow-trout. *J. Fish. Biol.*, New York, v.2, n.4, p.293-304, 1970.
- HUET,M. *Tratado de piscicultura*. 2ed. MADRID: EDICIONES MUNDI-PRENSA, 1978. 745p.

JAUNCEY, K. , ROSS, B. *A guide to tilapia feed and feeding.*
Scotland: Institute of Agriculture University of Stirling,
1982. 101p.

KATZUI, G., KATO, K. Effects of gossypol on the stability of
vitamin A. *Vitamins, Kyoto, Kyoto*, v.7, p.746-748, 1954.

LOVELL, R.T. Cottonseed meal in fish feeds. *Feedstuffs*, v.53,
n.2, p.28-29, 1981.

LUNA, L.G. *Manual of histologic staining methods of the Armed
Forces Institute of Pathology.* New York: Mc Grow-hill,
1968. 258p.

LYMAN, C.M., BALIGA, B.P., SLAY, M.W. Reactions of proteins with
gossypol. *Arch. Biochem. Biophys.*, Duluth, v. 84, p.486,
1959.

LYMAN, C.M., EL-NOCKRASHY, A.S., DOLLAHITE, J.N. Gossiverdurim:
a newly isolated pigment from cottonseed pigment glands. *J.
Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.40, p.471-575, 1963.

LYMAN, C.M. The effects of gossypol and gossypol-like compounds
upon swine in the presence and absence of high biological
value. Proc. Conf. Inactivation of gossypol with mineral
salts, p. 104-116. Natl. Cottonseed Products Assoc.,
Memphis, Tennessee. 1966.

MARCHLEWISKI, L. Gossypol, a constituent of cottonseed. *J.
Prakt. Chem.*, Leipzig, v.60, p.84-90, 1899.

MARTINEZ, W.H., FRAMPTON, V.L. Lysine content of cottonseed
meals. *J. Agric Food Chem.*, Washington, v.6, p.312, 1958.

- MENUAL, P. The physiological effect of gossypol. *J. Agric. Res.*, Washigton, v.26, p.233, 1923.
- NAS-NRC. *National Academy of Science-Nutrient Requirements of warmwater fish*. Washington, 1983. p.102.
- OIOLI, K.V., SILVEIRA, A.C., LUVIZOTTO, M.C. et alii. Desempenho produtivo e alterações anatomopatológicas, resultantes da utilização do farelo de algodão na alimentação inicial da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Bol. Red. Aquicultura, CIID- Canada, Colombia*, 1990. (no prelo).
- OZÓRIO, F.M.F., MELLO, J.C.C., KULIKOSKI, J.M. et alii. *Manual programado de piscicultura*. Sudepe, Brasília, 1979. p.204.
- PEREIRA FILHO, M., CASTAGNOLLI, N., TEIXEIRA FILHO, A.R. Nível protéico ideal para alimentação de carpas, *Cyprinus carpio*. *Cientifica, Jaboticabal*, v.6, n.2, p.313-19, 1978.
- PEZZATO, L.E. *Avaliação e tecnicas que visam um melhor aproveitamento do alimento pelo peixe*. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinária, 1987 18p. (Seminário apresentado no Curso de Pós Graduação em Produção Animal).
- PEZZATO, L.E., PEZZATO, A.C., SILVEIRA, A.C. et alii. Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO E V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 6, 1988, Florianópolis. Associação Brasileira de Aquicultura, 1988. p.373-378.
- PEZZATO, L.E. Tecnologia de processamento de dietas para organismos aquáticos. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3, 1989, Botucatu. *Anais...* Botucatu, 1989. p.9-22.

- PONS, W.A., MURRAY, M.D., LE BLANC, M.F.H. et alii. Gossypol material balance, denaturation of protein, and loss of thiamine in commercial processing of cottonseed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.30, p.128-32, 1953.
- RAO, K.V., SARMA, R.V. Occurrence of gossypol current sic. v.14, p.270-71, 1945.
- REEVES, R.G., BEOSLEY, J.O. The development of the cotton embryo. *J. Agric. Res.*, Washington, v.51, p.935-44, 1935.
- REID, G.K., WOOD, R.D. *Ecology of island waters and estuaries*. 2.ed. New York: D. Van Nostrand, 1976. 485p.
- ROBINETTE, H.R. Use of cottonseed meal in catfish feeds. Proc. In: CATFISH FARMES OF AMERICAN RESEARCH WORKSHOP, 1981. *Proceedings catfish farmes of american research workshop*, 1981. v.3, p.26.
- ROBINSON, E.H., RAWLES, S.D., OLDENBURG, P.W. et alii. Effects of feeding glandless or glanded cottonseed products and gossypol to Tilápia Aurea. *Aquaculture*, Amsterdam, v.38, p.145-54, 1984.
- ROBINSON, E.H., RAWLES, S.D., STICKNEY, R.R. Evaluation of glanded and glandless cottonseed products in catfish diets. *Prog. Fish Cult.*, Bethesda, p.92-97, 1984.
- ROEHM, J.N., LEE, D.J., SINNHUBER, R.O. Accumulation and elimination of dietary gossypol in the organs of rainbow trout. *J. Nutr.*, Bethesda, v.92, p.425-28, 1967.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., et alii *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos*. Viçosa: Imprensa Universitária, U.F.V., 1983 61p.

- SINGLETON,V.L., KTATZER, F.H. Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin. *J.Agric. Food Chem*, Washington, v.17, p.497, 1969.
- SMITH,F.H., CLAWSON, A.J. Effects of dietary gossypol on animal. *J.Am.Oil Chem. Soc.*, Champaign,v.47, p.443, 1970.
- WILSON,R.P., POE,W.E., ROBINSON,E.H. Amino acid requirements and elimination of feeds grade lysine in pratical diets by channel catfish. In: CATFISH FARMERS OF AMERICAS RESEARCH WORKSHOP, 1981, *Proceedings...*, 1981. v.3, p.27.
- WITHERS,W.A., CARRUTH,F.E. Gossypol, the toxic substance in cottonseed meal. *J.Agric. Res.*, Washington, v.5, p.261-288, 1915.
- WOLF,H., JACKSON,E.W. Hepatoma in rainbow trout: decriptive and experimental epidemiology. *Science, N.Y.*, New York, v.142, p.478-646, 1963.
- WOLF,L.E. Some pathological in brown trout on an all-meal diet. *Prog. Fish-Cult.*, Bethesda, v.14, p.110-12, 1952.
- WOOD,E.D., YASUTAKE,W.T. Ceroid in fish. *An. Pathol.*, p.591-603, 1956.