

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

WEVERSON SCARPINI ALMAGRO

AVALIAÇÃO DO USO DE TORTA DE MAMONA (*Ricinus communis* L.)
DESTOXIFICADA NA RAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DO *Astyanax*
bimaculatus CULTIVADO EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL – 2013

AVALIAÇÃO DO USO DE TORTA DE MAMONA (*Ricinus communis*
L.) DESTOXIFICADA NA RAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DO
Astyanax bimaculatus CULTIVADO EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO

WEVERSON SCARPINI ALMAGRO

Tese apresentada ao Centro de Ciências em
Tecnologia Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Dácio Ricardo de Andrade

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL – 2013

AVALIAÇÃO DO USO DE TORTA DE MAMONA (*Ricinus communis*
L.) DESTOXIFICADA NA RAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DO
Astyanax bimaculatus CULTIVADO EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO

WEVERSON SCARPINI ALMAGRO

Tese apresentada ao Centro de Ciências em
Tecnologia Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Doutor em Ciência Animal.

Aprovada em 3 de abril de 2013.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Pedro Pierro Mendonça

Prof^ª Dr^ª Olga Lima Tavares Machado

Prof. Dr. Manuel Vásquez Vidal Júnior

Prof. Dr. Dálcio Ricardo de Andrade
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao IFES, por me possibilitar mais esta etapa acadêmica.

Aos professores Dálcio Ricardo de Andrade, Manuel Vásquez Vidal Jr. e Olga Lima Tavares Machado, respectivamente, orientador e coorientadores, pelas intervenções indispensáveis e seguras nos momentos necessários.

À professora Olga Machado, agradeço ainda pelo acompanhamento mais próximo do desenvolvimento da pesquisa, apoio sem o qual teria sido bem mais difícil o trabalho com a torta de mamona na alimentação dos peixes.

Aos professores Eduardo Shimoda, Humberto Couto e, mais uma vez, ao Manuel Vidal e à Olga Machado, pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

Ao Incaper e, nessa instituição, de modo especial, ao Aldemar Molelli e ao João Carlos de Paula, da Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante, pelo espaço, pelo apoio e pela disponibilidade em ajudar para a realização deste trabalho.

À Nutriaves, pela doação dos ingredientes para confecção das rações e pela realização das análises bromatológicas.

Ao Ricardo Basílio, pela doação dos alevinos para os experimentos.

Ao professor Edvaldo Fialho dos Reis, da UFES, e ao professor Luiz Fernando Dias Ferreira, do IFES de Venda Nova do Imigrante, pelo apoio nas análises estatísticas.

Ao Maurício Fornazier, pelas valiosas observações e revisões na etapa final do trabalho.

Ao Júlio Meireles, grande amigo, pelo companheirismo e apoio em todas as vivências desta etapa.

Ao Cláudio Melo, saudoso amigo, pelos grandes, felizes e inesquecíveis momentos de convivência no ano em que se iniciou esta jornada.

Ao sr. Aquiles e à Dr^a Esmerilda, pais de coração, pela constante vigília.

Ao meu pai, Jorbano, pela torcida e pelo apoio incondicionais.

Aos meus filhos, Thaiz, Weriton, Rafisa e Rafael, cada um, ao seu modo, motivos de inspiração nesta caminhada.

À Carmen Lobato, inclusive também Almagro, companheira de amores e dores, pelo apoio e suporte acadêmico e afetivo ontem, hoje e até sempre.

Ao Jorge, companheiro eterno. Salve Jorge!

Ao meu pai, Jorbano, por ter acreditado neste caminho e tudo ter feito para que eu começasse a trilhá-lo.

BIOGRAFIA

WEVERSON SCARPINI ALMAGRO, filho de Jorbano Almagro Gonçalves e Gilda Scarpini Almagro, nasceu em Mimoso do Sul, Estado do Espírito Santo, em 17 de janeiro de 1962.

Em 1984, graduou-se em Ciência Biológica e em Biologia Marinha, pela Faculdade Maria Thereza, em Niterói, Rio de Janeiro.

Desde 2004, tornou-se especialista em Gestão Ambiental, formado pelo Centro Universitário São Camilo, em Cachoeiro do Itapemirim, Estado do Espírito Santo.

Em 2005, obteve o título de mestre em Educação Agrícola, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Em 2013, concluiu o curso de Doutorado na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, na área de Ciência Animal.

Atualmente, é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Lambari-do-rabo-amarelo, espécie <i>Astyanax bimaculatus</i>	6
2 Lambari-do-rabo-amarelo, espécie <i>Astyanax bimaculatus</i> em tamanho comercial.....	6
3 Alevinos de lambari.....	7
4 Juvenis de lambari, utilizado como isca para captura de espécies carnívoras	7
5 Bandeja de lambari para comercialização	7
6 Machos e fêmeas do lambari com 120 dias de cultivo.....	8
7 Adultos de lambaris-do-rabo-amarelo na fase de comercialização (venda ao consumidor)	9
8 Adulto de lambari-do-rabo-amarelo na fase de comercialização	9
9 Mamoneira, cultivar BRS 149.....	14
10 Detalhe do cacho da mamoneira	14
11 Óleo, torta na forma bruta e semente cv. 226	14
12 Torta de mamona destoxificada para preparação da ração de peixes.....	16
13 Estrutura da ricina. A cadeia B está à direita, e a cadeia A está à esquerda. O círculo indica a ponte dissulfeto. Figura preparada por meio de do programa MOI:MOI por Korardi <i>et al.</i> (1996).....	19
14 Sede do Incaper. Venda Nova do Imigrante, ES.....	29

	Página
15	Fazenda Experimental do Incaper. Venda Nova do Imigrante, ES, com destaque para área do projeto de pesquisa 29
16	Torta de mamona bruta..... 31
17	Trituração da torta de mamona em moinho de faca..... 31
18	Torta de mamona triturada..... 31
19	Torta de mamona destoxificada 31
20	Alevinos utilizados no povoamento 35
21	Experimento 1: juvenis com 40 dias..... 35
22	Tratamentos com as repetições 36
23	Vista dos viveiros no início da preparação da área..... 37
24	Vista dos viveiros, local da realização dos Experimentos 2 e 3 37
25	Esquema da área de pesquisa dos Experimentos 2 e 3..... 39
26	Vista da área dos Experimentos 2 e 3 e da estrutura de fitorremediação 40
27	Balança para pesagem na biometria..... 41
28	Ictiômetro para medição na biometria 41
29	Coleta de sangue para avaliação das funções hepáticas por análise bioquímica (tratamentos) 42
30	Avaliação das funções hepáticas por análise bioquímica TGO e TGP 42
31	Controle 42
32	7% TMDQ 42
33	14% TMDQ 42
34	21% TMDQ 42
35	Tanques de fitorremediação..... 44
36	Esquema do processo de fitorremediação 45

	Página
37 Distribuição dos resíduos em função dos valores estimados pelos modelos lineares	49
38 Modelos lineares ajustados para os parâmetros PF, GP, CF e GC .	49
39 Ganho de peso (g) aos 120 dias. Experimento 2	51
40 Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias. Experimento 2	51
41 Ganho de peso (g) aos 120 dias – Experimento 3	51
42 Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias – Experimento 3	51
43 Tecido hepático do lambari do tratamento-controle (20X)	64
44 Tecido hepático do lambari do tratamento com 7% TMDQ (20X)	64
45 Tecido hepático do lambari do tratamento com 14% TMDQ (20X) ..	65
46 Tecido hepático do lambari do tratamento com 21% TMDQ (20X) ..	65
47 Tecido do intestino do lambari do tratamento-controle (20X).....	66
48 Tecido do intestino do lambari do tratamento com 7% TMDQ (20X)	66
49 Tecido do intestino do lambari do tratamento com 14% TMDQ (20X)	67
50 Tecido do intestino do lambari do tratamento com 21% TMDQ (20X)	67

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Composição percentual em aminoácido na torta de mamona destoxificada e do farelo de soja.....	22
2 Formulação das dietas e composição calculada (%) para os experimentos 1, 2 e 3. Níveis de inclusão da torta de mamona destoxificada quimicamente.....	34
3 Valores médios e desvio-padrão para os parâmetros peso final (PF), comprimento final (CF), ganho de peso (GP) e ganho de comprimento (GC).....	47
4 Análise de variância para o ajuste, pelo método dos mínimos quadrados, dos modelos lineares para os parâmetros peso final (PF), ganho de peso (GP), comprimento final (CF) e ganho de comprimento (GC).....	48
5 Valores médios de ganho de peso (g) aos 120 dias do Experimento 2, para lambari em sistema semi-intensivo.....	51
6 Valores médios de ganho de comprimento (cm) aos 120 dias do Experimento 2, para lambari em sistema semi-intensivo.....	52
7 Valores médios de Ganho de peso (g) aos 120 dias do Experimento 3, para lambari em sistema semi-intensivo.....	52
8 Valores médios de Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias do Experimento 3, para lambari em sistema semi-intensivo.....	53
9 Comparação dos preços de custo da ração-controle e das rações compostas por torta de mamona destoxificada quimicamente nos três períodos amostrados.....	53

	Página
10 Tratamento-controle (T1) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês)	56
11 Tratamento com 7% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T2) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês).....	56
12 Tratamento com 14% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T3) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês).....	56
13 Tratamento com 21% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T4) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês).....	56
14 Experimento 2 (tratamentos), realizado no período de 20 de abril a 18 de agosto 2011. Espécie <i>Astyanax bimacutus</i> . Valores de amônia (mg/L) (NH ₃)	57
15 Experimento 3: tratamento-controle realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012). Parâmetros referentes à água (média/ mês)	58
16 Experimento 3: tratamento com 7% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água (média/mês)	58
17 Experimento 3: tratamento com 14% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água (média/mês)	58
18 Experimento 3: tratamento com 21% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água/média/mês.....	59
19 Experimento 3: realizado no período de dezembro de 2011 a abril 2012. Espécie: <i>Astyanax bimacutus</i> . Valores de amônia total (mg/L).....	60
20 Determinação da atividade de enzimas séricas	63

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 O lambari (gênero <i>Astyanax</i>)	4
3.1.1 O <i>Astyanax bimaculatus</i>	5
3.1.2 Importância econômica	6
3.1.3 Crescimento	8
3.1.4 Lambari como bioindicador	10
3.1.5 Fatores antinutricionais dos alimentos utilizados para peixes....	11
3.1.5.1 Toxinas dos alimentos.....	12
3.1.5.2 Formas de atenuar/eliminar a toxidez dos alimentos	12
3.2 Mamona (<i>Ricinus communis</i> L).....	13
3.2.1 Origem e importância econômica da mamoneira.....	13

	Página
3.2.2 A mamona como matéria-prima para a produção de biodiesel ..	15
3.2.3 Torta de mamona na alimentação de animais	15
3.2.4 Substâncias tóxicas (fatores antinutricionais) da torta de mamona: mecanismo de ação e toxidez	16
3.2.4.1 Ricina	18
3.2.4.2 CB-1A – Albumina 2S	19
3.2.4.3 Ricinina	21
3.2.5 Processos de transformação da torta de mamona em produto atóxico.....	21
3.2.5.1 Tratamentos físicos.....	24
3.2.5.2 Tratamentos químicos.....	25
3.2.5.3 Tratamento biológico.....	26
3.2.6 Outros processos de destoxificação da torta de mamona: destoxificação da ricina durante o armazenamento da torta de mamona	27
3.2.7 Impactos zootécnicos e financeiros do uso de alimentos com fatores antinutricionais na produção de peixes de corte.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 Área experimental.....	29
4.2 Aquisição dos alevinos do lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax bimaculatus</i>).....	30
4.3 Preparo das rações.....	30
4.3.1 Aquisição da torta de mamona e moagem.....	30
4.3.2 Destoxificação da torta de mamona.....	30
4.3.3 Avaliação da toxicidade da torta de mamona.....	32
4.3.3.1 Obtenção do extrato proteico	32
4.3.3.2 Testes de atividade tóxica em cultura de células	32
4.3.4 Composição das rações.....	33
4.4 Experimento 1	34
4.5 Experimentos 2 e 3	37
4.6 Parâmetros avaliados nos Experimentos 2 e 3.....	40
4.6.1 Parâmetros limnológicos.....	40
4.6.2 Avaliação do crescimento dos peixes	40
4.6.2.1 Biometria: parâmetros zootécnicos	40
4.6.2.2 Avaliação das funções hepáticas por análises bioquímicas.	41
4.6.2.3 Avaliação histológica dos peixes dos tratamentos controle, 7, 14 e 21% de torta de mamona destoxificada	42

	Página
4.6.3 Investigação da presença de componentes tóxicos residuais nas águas de descarte.....	43
4.6.3.1 Presença de ricina na água residuária.....	43
4.6.3.2 Fitorremediação	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Rações.....	46
5.1.1 Resultados do uso da TMDQ na alimentação dos peixes no Experimento 1	46
5.1.2 Experimentos 2 e 3	50
5.1.3 Composição das rações utilizadas no experimento	50
5.1.4 Viabilidade econômica e sustentável da utilização das rações com TMDQ	50
5.2 Parâmetros limnológicos.....	55
5.2.1 Parâmetros da água do Experimento 2.....	55
5.2.2 Amônia no período do Experimento 2.....	55
5.2.3 Parâmetros da água do Experimento 3.....	57
5.2.4 Valores da amônia no período do Experimento 3	59
5.3 Avaliações do crescimento dos peixes.....	60
5.3.1 Parâmetros zootécnicos.....	60
5.3.2 Avaliação das enzimas hepáticas	62
5.3.3 Avaliação histológica do fígado e intestino do <i>Astianax bimaculatus</i>	64
5.4 Investigação da presença de componentes tóxicos residuais nas águas de descarte.....	67
5.4.1 Presença de ricina na água residuária.....	67
5.4.2 Tratamento da água residuária dos viveiros através da fitorremediação	67
6 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

RESUMO

ALMAGRO, Weverson Scarpini, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, março de 2013. *Avaliação do uso de torta de mamona (**Ricinus communis** L.) destoxificada na ração para alimentação do **Astyanax bimaculatus** cultivado em sistema semi-intensivo*. Orientador: Dálcio Ricardo de Andrade. Coorientadores: Manuel Vásquez Vidal Jr. e Olga Lima Tavares Machado.

O objetivo do trabalho foi avaliar o uso da torta de mamona destoxificada na alimentação do lambari (*Astyanax bimaculatus*), identificando o percentual mais adequado de inclusão desse produto na ração para o cultivo dessa espécie. Como fundamentos foram usados estudos a respeito do cultivo do lambari sobre a utilização da torta de mamona na alimentação animal e sobre os fatores antinutricionais na alimentação de peixes, visando conhecer o modo e as implicações – vantagens e desvantagens – da adição da torta de mamona como ingrediente da ração usada no cultivo dessa espécie. A metodologia de pesquisa utilizada foi a montagem de um experimento para testar diferentes percentuais de adição de torta de mamona destoxificada à ração para lambaris, visando avaliar o desenvolvimento dos animais alimentados com as rações produzidas. Os resultados demonstraram que a torta de mamona destoxificada pode ser utilizada na ração para lambari em concentrações 7, 14, 21 e 28%; a concentração de torta de mamona na referida ração que propiciou os melhores resultados no ganho de peso e crescimento dessa espécie foi a de 7%; os animais não apresentaram sintomas de intoxicação por ricina e os níveis de enzimas relacionados com as funções hepáticas ficaram compatíveis com o tratamento-controle do experimento; e não foram constatadas alterações histomorfológicas no fígado e intestino de lambaris alimentados com essa ração.

Palavras-chave: nutrição de peixe; *Ricinus communis* L.; *Astyanax bimaculatus*.

ABSTRACT

ALMAGRO, Weverson Scarpini, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, março de 2013. *Evaluation of adding detoxified mamona (**Ricinus communis** L.) pie into the ration fed **Astyanax bimaculatus**, cultivated under semi-intensive system.* Adviser: Dálcio Ricardo de Andrade. Advisers: Manuel Vásquez Vidal Jr. and Olga Lima Tavares Machado.

The objective of this work was to evaluate the use of detoxified castor-oil plant pie in the ration fed lambari (*Astyanax bimaculatus*) by identifying the most adequate percentage to be added. Studies on lambari cultivation as well as the use of castor-oil plant pie in animal feeding and anti-nutritional factors in fish feeding were carried out aiming to learn the mode and implications – advantages and disadvantages – of adding castor-oil plant pie as an ingredient in the ration fed to this species. The research methodology consisted of an experiment to test the different detoxified castor-oil plant pie percentage concentrations added into the lambari ration aiming to evaluate the development of the fish fed such rations. The results showed that detoxified castor-oil plant pie may be added to lambari ration at concentrations of 7, 14, 21, and 28%; the castor-oil plant pie concentration providing the best weight gain and growth results in this species was 7%; the animals did not present ricin intoxication symptoms and the enzyme levels related to the liver functions were compatible with the control treatment in the experiment; in addition, no histological and morphological alterations were found in the liver and intestine of the fish fed this ration.

Keywords: fish nutrition; *Ricinus communis* L.; *Astyanax bimaculatus*.

1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a pesca extrativista vem apresentando tendência de estabilização e, ou, queda, em virtude da exploração descontrolada dos estoques naturais, ao elevado custo das atividades pesqueiras e à contaminação dos ambientes aquáticos. Paralelamente a este declínio e, ou, a esta estabilização, a aquicultura vem se desenvolvendo progressivamente em todos os seus segmentos (VALLE; PROENÇA, 2000), tornando-se uma das alternativas mais viáveis no mundo para a produção de alimento para o consumo humano (QUEIROS; MOURA, 1996).

Seguindo essa tendência, de acordo com Valle e Proença (2000), a aquicultura brasileira apresenta-se com forte tendência à intensificação dos cultivos, demandando cada vez mais estudos para a solução dos variados problemas nos diversos setores dessa produção.

Atualmente, no cultivo de peixes há ainda a tendência do uso de ração balanceada que atenda às necessidades nutricionais das espécies, com o objetivo de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a lucratividade dos empreendimentos (VALLE; PROENÇA, 2000).

Sendo assim, em relação aos inúmeros aspectos referentes ao cultivo de peixes, aqueles envolvidos com a alimentação vêm sendo amplamente discutidos, principalmente por esse item representar cerca de 60% dos custos de produção. Essa questão torna-se ainda mais significativa em virtude da exigência de uma ração rica em proteína, bem mais que a de outros animais, o que eleva os custos

de produção (LOGATO, 1999). Dessa forma, é importante a busca de alternativas para a composição desse alimento, a fim de diminuir os seus custos de produção, sem comprometer as exigências nutricionais dos peixes.

Dentre as alternativas que se apresentam no momento, existe a da utilização da torta de mamona (coproduto da produção de biodiesel) como componente da ração na piscicultura, uso que pode vir tanto ao encontro das necessidades nutricionais dos peixes como pode representar uma solução para o destino que deve ser dado a esse coproduto altamente tóxico da produção de biodiesel.

Desse modo, com este trabalho pretendeu-se realizar um estudo a respeito do uso da torta de mamona como componente da ração utilizada no cultivo do lambari. Para isso foram testados diferentes percentuais de adição da torta destoxificada na ração para o lambari (*Astyanax bimaculatus*), espécie nativa de nossos mananciais, utilizada, inclusive, como bioindicador de impacto ambiental do ecossistema aquático.

O foco do trabalho, portanto, foi o de avaliar o uso da torta de mamona destoxificada na alimentação do lambari (*Astyanax bimaculatus*), identificando o percentual mais adequado de inclusão desse componente na ração para o cultivo dessa espécie.

Para realizar esse trabalho foram usados como fundamentos estudos a respeito do cultivo do lambari (*Astyanax bimaculatus*), sobre a utilização da mamona na alimentação animal e sobre fatores antinutricionais na alimentação de peixes, visando conhecer o modo e as implicações – vantagens e desvantagens – da adição da torta de mamona como ingrediente da ração usada no cultivo dessa espécie.

A metodologia de pesquisa utilizada foi a montagem de um experimento para testar diferentes percentuais de adição de torta de mamona destoxificada na ração para lambaris (*Astyanax bimaculatus*), visando avaliar o desenvolvimento dos animais alimentados com as rações produzidas.

Os resultados do trabalho demonstraram, entre outros aspectos, que não houve alterações fisiológicas e nem morfológicas dos lambaris alimentados com as rações, nas quais foram incluídas torta de mamona destoxificada, e que a concentração de torta de mamona na ração para lambari que propiciou melhores resultados no desenvolvimento desse peixe foi a de 7%.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso da torta de mamona destoxificada na alimentação do lambari (*Astyanax bimaculatus*), identificando o percentual mais adequado de inclusão desse componente na ração para a alimentação dessa espécie.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar os percentuais da torta de mamona destoxificada que devem ser incluídos nas rações para os lambaris.
- Avaliar o crescimento dos lambaris, suas funções hepáticas e estruturas histomorfológicas do fígado e intestino.
- Avaliar o efeito do uso de um sistema de fitorremediação na minimização do impacto ambiental causado pela água residuária dos viveiros de experimento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O lambari (gênero *Astyanax*)

Existem muitas espécies de peixes conhecidas popularmente como lambaris, que povoam pequenos riachos, lagos e os grandes rios formadores das bacias hidrográficas de todo o ambiente tropical. O lambari é conhecido popularmente pelos nomes de piaba, lambari-guaçu, lambari-tábua, tábua, tabuão, piaba da lagoa, piaba-crioula, matupiri, majarra e tambiú. Alguns pesquisadores colocam o gênero em *Incertae sedis*, 88 gêneros e 620 espécies, sendo que 86 espécies pertencem ao gênero *Astyanax* (LIMA *et al.*, 2003). O lambari pertence à Classe *Actinopterygii*; Ordem *Caraciformes*; Família *Characidae* e Gênero *Astyanax*. Dentro da família *Characidae*, à subfamília *Tetragonopterinae*.

Em geral, são peixes de pequeno porte, podendo atingir até 150 mm de comprimento e 20 g de peso (BRITSKI, 1972). Reproduzem-se facilmente e a separação por sexo pode ser realizada mediante a verificação tátil na nadadeira anal. Nos machos jovens e adultos essa nadadeira apresenta-se áspera e nela existem numerosas espículas (VIDAL JR., 2012).

Durante o período reprodutivo, primavera e verão, as diferenças morfológicas nítidas podem ser evidenciadas entre machos e fêmeas, sendo que as fêmeas além de serem maiores e possuírem o corpo arredondado são frequentemente mais precoces no crescimento do que os machos (PORTO-FORESTI *et al.*, 2005; SATO *et al.*, 2006). Nesse período, observa-se ainda, nas

fêmeas, uma forte irrigação por vasos sanguíneos na região ventral do corpo, principalmente na base de inserção das nadadeiras peitorais e ventrais (PORTO-FORESTI *et al.*, 2005).

O gênero *Astyanax* ocorre desde a fronteira dos Estados Unidos com o México até a Argentina (GARUTTI, 2001), apresentando ampla distribuição no Brasil. É encontrado em cabeceiras de riachos, rios e lagos, e vive sempre em cardumes, realizando curtas migrações, na época das cheias, para reprodução (CEMIG/CETEC, 2000).

Segundo Pereira *et al.* (2011), a atividade reprodutiva do lambari-prata (*Astyanax scabripinnis*) ocorre durante todo o ano, apresentando desova do tipo parcelada, demonstrando ser uma espécie de desenvolvimento ovocitário assincrônico.

Segundo os mesmos autores, o lambari (*Astyanax sp.*) pode realizar desova natural ou pela técnica reprodutiva por indução hormonal, sendo que os principais entraves para esse processo são o baixo volume seminal e o alto canibalismo nas fases iniciais. A indução reprodutiva mais comum é feita mediante o uso de hipófise desidratada de carpa, que é aplicada na forma de extrato bruto, diluída em solução fisiológica.

A maioria dos lambaris é onívora e mesmo os que são piscívoros adaptam-se facilmente à alimentação com rações.

Quatro espécies podem ser usadas no cultivo sistematizado apresentando bons resultados (VIDAL JR., 2012): o lambari-bocarra (*Oligosarcus argenteus*), o lambari-tambiú (*Astyanax bimaculatus*), o lambari-rabo-vermelho (*Astyanax fasciatus*) e o lambari-prata (*Astyanax scabripinnis*).

3.1.1 O *Astyanax bimaculatus*

O gênero *Astyanax* possui uma espécie definida como *Astyanax bimaculatus*, chamada também de lambari-do-rabo-amarelo, identificada por Linnaeus em 1758. Ela é caracterizada pela presença de uma mancha umeral negra horizontalmente ovalada, uma mancha negra no pedúnculo caudal, estendendo-se à extremidade dos raios caudais medianos, e duas barras verticais castanho-escuras na região umeral (GARUTTI, 1999). Possui corpo irregularmente elíptico, com nadadeiras amarelas; quatro a cinco dentes na série

externa e cinco na série interna do pré-maxilar; escamas com reflexos prateados; manchas umerais ovaladas; e pedúnculo caudal com manchas alongadas que se prolongam até a ponta dos raios caudais medianos (CEMIG/CETEC, 2000). As imagens são mostradas nas Figuras 1 e 2.



Fotos: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 1 – Lambari-do-rabo-amarelo, espécie *Astyanax bimaculatus*.

Figura 2 – Lambari-do-rabo-amarelo, espécie *Astyanax bimaculatus* em tamanho comercial.

O *Astyanax bimaculatus* é uma espécie de peixe nativa com potencial para piscicultura, pois pode se reproduzir naturalmente e ser cultivada em viveiros com relativa facilidade, aceitando alimentação artificial desde sua fase inicial (HAYASHI, 2004). Possui distribuição territorial ampla, podendo ser encontrada desde a bacia do Prata até o Panamá, e, ainda, desde regiões costeiras até localidades com altitudes elevadas, a cerca de 3.000 m (PORTO-FORESTI *et al.*, 2005).

3.1.2 Importância econômica

O lambari é uma espécie de crescimento rápido, de fácil reprodução e manejo, com boa aceitação no mercado do Estado do Espírito Santo.

Segundo Andrade *et al.* (2004), em pesquisa sobre a viabilidade da atividade de aquicultura nos municípios do Caparaó, MG, Divino de São Lourenço, ES e Guaçuí, ES, o lambari chega a ser a principal espécie de água doce consumida na região.

Segundo Porto-Foresti *et al.* (2005), os lambaris possuem alguns aspectos considerados como de boa opção de negócio, como fácil reprodução em cativeiro; elevada taxa de sobrevivência; rápido crescimento; hábito alimentar

onívoro e com característica organoléptica favorável à produção de congelados ou enlatados. Os lambaris são ainda muito apreciados como aperitivo, sendo também utilizados como iscas vivas para captura de grandes peixes carnívoros (piscívoros). Mas, apesar de existir um bom mercado para os lambaris, sua criação comercial ainda é insipiente (VIDAL JR., 2012).

Acompanhando a atividade de piscicultura de produtores rurais na região de Afonso Cláudio, Itarana e Venda Nova do Imigrante, ES, constatou-se que o lambari apresenta uma boa adaptação em sistema de cultivo semi-intensivo na região serrana do Estado, que possui condições climáticas favoráveis ao cultivo comercial dessa espécie, podendo ser realizado o ano todo, alcançando até 1.500 kg/ha/ano.

O milheiro de alevinos do lambari para cultivo em viveiros está sendo comercializado a R\$ 100,00 (US\$ 50,76) (Figura 3). O milheiro na forma de isca viva é vendido a R\$ 200,00 (US\$ 101,52) (Figura 4); e para o consumidor, o lambari é vendido em bandejas com 250 g a R\$ 3,00 (US\$ 1,52) (Figura 5) (MENESES, 2012).



Figura 3 – Alevinos de lambari.



Fotos: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 4 – Juvenis de lambari, utilizado como isca para captura de espécies carnívoras.



Figura 5 – Bandeja de lambari para comercialização.

Segundo Almeida (2007), a comercialização de alevinos de lambaris na região noroeste paulista está em torno de 4 milhões por ano. Não existe dado oficial sobre o cultivo do lambari no Brasil, mas em todo país essa espécie nativa vem sendo criada para diversos fins, como para: processamento para consumo, base forrageira para espécies carnívoras e isca para pesca esportiva.

3.1.3 Crescimento

O lambari é uma espécie tropical de fácil manejo. A temperatura ideal para o seu cultivo é entre 22 e 28 °C, embora temperaturas mais baixas, por curto período, sejam toleráveis (VIDAL JR., 2012). A concentração de oxigênio dissolvido deve estar acima de 4 mg/L e, no mínimo, de 60% saturação. A amônia não ionizada não deve ultrapassar a quantidade de 1 mg/L, pois valores acima dessa concentração ocasionarão a mortalidade dos peixes. O pH ideal está em torno de 6,5 a 8,0, devendo estar sempre abaixo desse valor máximo para manter o controle da disponibilização da amônia não ionizada no sistema.

Essa espécie atinge o tamanho comercial de 8 a 12 cm e de 10 a 20 g, o que pode ser conseguido de 90 a 120 dias de cultivo. Na densidade de 50 peixes/m², pode-se atingir de 470 a 500 g/m². Uma característica dessa espécie é que as fêmeas possuem um crescimento maior do que os machos (PORTO-FORESTI *et al.*, 2005), conforme pode ser observado na Figura 6.



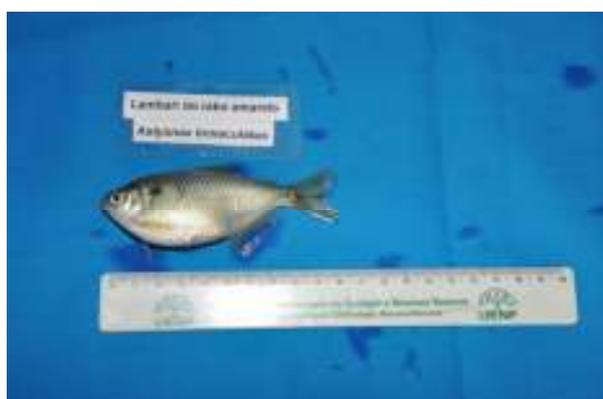
Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 6 – Machos e fêmeas do lambari com 120 dias de cultivo.

Segundo VIDAL JR. (2012), apesar de não terem sido realizados estudos sobre a nutrição dessa espécie, os cultivos comerciais adotaram rações com teor de proteína de 25 a 28%. Nas condições consideradas ideais, pode-se obter de três a quatro cultivos por ano e uma produtividade média de 19 toneladas/ha/ano (PORTO-FORESTI, 2005).

Segundo Garutti (2001), com dez a 12 semanas, a maioria dos lambaris já alcança o ponto de abate. Não é interessante continuar o cultivo a partir do momento em que os exemplares atingem um peso médio entre 15 a 20 g, pois os

lambaris estarão na fase de desenvolvimento das gônadas. Nessa situação, parte do alimento fornecido será usado pelo peixe para a reprodução e não para o crescimento. Assim, a taxa média de crescimento sofre uma queda brusca. Daí a indicação da fase para realizar a despesca. As Figuras 7 e 8 apresentam o lambari-do-rabo-amarelo na fase de comercialização.



Fotos: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 7 – Adultos de lambaris-do-rabo-amarelo na fase de comercialização (venda ao consumidor).

Figura 8 – Adulto de lambari-do-rabo-amarelo na fase de comercialização.

O reajuste de alimentação e a avaliação do desenvolvimento dos peixes devem ser feitos por meio de biometrias quinzenais ou mensais. O uso de anestésico durante esse manejo é importante para evitar a perda de escamas e traumatismos, para diminuir o nível de estresse e para evitar uma alta taxa de mortalidade (ROUBACH; GOMES, 2001).

Na escolha do anestésico devem ser considerados o custo, a disponibilidade, a facilidade de utilização, a eficiência e a segurança para o usuário e o ambiente, características essenciais encontradas no óleo de cravo (IVERSEN *et al.*, 2003).

Silva *et al.* (2009) concluíram que o óleo de cravo (princípio ativo eugenol-4-alil-2-metoxifenol) possui efeito anestésico para o lambari na fase de alevino, sendo a concentração de 50 mg por litro de água considerada eficiente e segura para indução à anestesia profunda em até 1,5 minuto e à anestesia cirúrgica em até 3,3 minutos de exposição.

Do ponto de vista da adequação e da otimização, a criação do lambari nas propriedades rurais constitui-se em uma excelente alternativa para pequenos e médios produtores, que procuram módulos de diversificação de suas atividades.

O produto resultante da criação do lambari poderia ter diferentes destinações, entre as quais a sua utilização no consumo direto e a sua industrialização na forma de conservas, entre outras possibilidades (PAIVA, 1992).

3.1.4 Lambari como bioindicador

Os bioindicadores são espécies capazes de indicar os primeiros sinais de estresses ambientais causados por contaminantes em diferentes níveis de organização biológica (ADAMS, 2002). São usados em técnicas de monitoramento ambiental, pois acrescentam informações à respeito da presença de poluente em determinado ambiente, por meio de resposta biológica (UNEP, 1991).

Existe uma tendência crescente no uso de peixes como bioindicadores para avaliação dos níveis de toxicidade no ecossistema aquáticos. Os peixes possuem sensibilidade para detectar níveis de toxidez no ambiente por meio da ocorrência de alterações morfofisiológicas em seu organismo. Dessa forma, indicam a toxicidade de compostos químicos de origem antrópica em áreas com impacto ambiental negativo (OLIVEIRA RIBEIRO *et al.*, 2005).

Nas últimas décadas foram realizados diversos trabalhos com a utilização de peixes como bioindicadores da qualidade de ecossistemas aquáticos (PACHECO; SANTOS, 2002; THOPSON *et al.*, 2003). Entre as espécies mais utilizadas em ensaios ecotóxicos estão as de pequeno porte, pois facilitam a execução dos testes em laboratório (BERTOLETTI, 1990).

A espécie bioindicadora deve existir em abundância no ambiente, sobreviver em ambiente saudável e apresentar resistência relativa ao contaminante do ambiente (AKAISHI *et al.*, 2004). Segundo Britski (1972), o lambari (*Astyanax bimaculatus*) é uma das espécies que possuem as características necessárias para a utilização como bioindicador.

Pelas descrições acima referidas, utilizou-se o lambari para avaliar o uso da torta de mamona destoxificada como ingrediente na produção de rações para a piscicultura.

3.1.5 Fatores antinutricionais dos alimentos utilizados para peixes

O conhecimento das necessidades nutricionais dos peixes promove de forma econômica uma nutrição adequada para o seu crescimento e um perfeito desenvolvimento. Os estudos nutricionais têm demonstrado que a dieta tem influência no comportamento, na integridade estrutural, na saúde, nas funções fisiológicas, na reprodução e no crescimento dos peixes. Uma dieta não balanceada afeta diretamente no aproveitamento dos nutrientes; a digestibilidade, na perda de nutriente por lixiviação; prejudica a conversão alimentar e a qualidade da água. O resultado final será um baixo índice de crescimento dos animais.

Existem compostos que fazem parte de certos ingredientes comumente utilizados na formulação de rações que podem causar redução no crescimento. É importante que haja cuidado na escolha dos ingredientes para a formulação de uma ração, evitando-se o uso de produtos que possuam alta concentração de substâncias nocivas e de fatores antinutricionais (CHUBB, 1982).

Considerando a toxidez da torta de mamona e a sua utilização na alimentação de peixes, neste trabalho serão vistas, a seguir, as implicações de fatores antinutricionais na alimentação animal.

É de grande importância a identificação dos fatores antinutricionais que estão presentes nos alimentos. Essas substâncias podem provocar efeitos fisiológicos adversos e, ou, diminuir a biodisponibilidade dos nutrientes, gerando, conseqüentemente, baixo desenvolvimento dos animais. O conhecimento desses fatores antinutricionais pode evitar danos e prejuízos causados por esses produtos à alimentação.

O termo antinutricional implica em substâncias com a capacidade de alterar as possibilidades de aproveitamento dos nutrientes contidos nos alimentos. Os fatores antinutricionais tornam indisponíveis os nutrientes de um alimento, ou parte desses, e diminuem a sua digestibilidade, ou parte desta. Podem ainda alterar a fisiologia do animal, diminuir seu apetite e desempenho produtivo e, em alguns casos, ser fatal quando utilizado por longo período (CHUBB, 1982).

3.1.5.1 Toxinas dos alimentos

Segundo Nunes (1998), alguns alimentos têm na sua composição compostos que influenciam a expressão do seu potencial nutritivo, isto é, embora um alimento pareça de excelente valor nutricional, quando fornecido aos animais ele não se expressa em um desempenho de alto nível por eles. Os compostos que, de alguma forma, interferem na expressão do valor nutritivo do alimento e, conseqüentemente, no metabolismo do animal são denominados de toxinas.

Toxinas endógenas: como o próprio nome indica, são as toxinas que fazem parte do alimento, ou seja, elas são um constituinte natural do alimento. Normalmente, esses compostos são produzidos pelas plantas com uma finalidade específica, dentro do ecossistema das mesmas. De acordo com sua estrutura química, esses compostos são classificados como:

a) proteicos: inibidores da tripsina presente no grão da soja e de hemaglutininas presentes nas leguminosas; e antivitaminico, como a tiaminase, presente em peixes crus;

b) glicosídeos: compostos bociogênicos presentes nas plantas da família das crucíferas, como o repolho e o nabo; compostos cianogênicos presentes na mandioca (linamarina); e oligossacarídeos presentes no grão de soja (rafinose, estaquiase);

c) fenólicos: gossipol presente no farelo de algodão e o tanino presente no grão de sorgo; e

d) outros: antimetais, como o ácido fítico, o ácido oxálico, etc.

Toxinas exógenas: como o próprio nome indica, são toxinas que não fazem parte da composição normal do alimento e estão presentes, em geral, devido a alguma fonte de contaminação externa. Como exemplos, podem ser citadas as mitoxinas produzidas por fungos que crescem no alimento; a afloxina, a ocratoxina, a citrina, a zealenorona, a fumosina, etc.; e as pesticidas, como os inseticidas, fungicidas, herbicidas, etc.

3.1.5.2 Formas de atenuar/eliminar a toxidez dos alimentos

O sistema ideal para destoxificar as rações animais deve levar em consideração não somente a redução das micotoxinas, mas também a substância

empregada, que não deve conter produtos de degradação tóxica nem deve reduzir o valor nutritivo dos alimentos tratados.

Com o crescente problema da contaminação por micotoxinas, a adição de compostos adsorventes nutricionalmente inertes na dieta tem sido uma importante ferramenta para tratar a toxidez na indústria de alimento animal. Argilas selecionadas e processadas vêm sendo amplamente utilizadas para o sequestro das micotoxinas, com o objetivo de reduzir a sua absorção pelo trato gastrointestinal.

Normalmente, os parâmetros avaliados são: ganho de peso, conversão alimentar, consumo e peso relativo de órgão (MALLMANN *et al.*, 2006).

É importante que haja cuidado na escolha dos ingredientes para formulação de uma ração, evitando-se o uso de ingredientes que possuam alta concentração de substâncias nocivas. Por exemplo, sementes oleaginosas, como as de algodão e de amendoim, armazenadas em condições inadequadas, em ambiente quente e úmido, normalmente encontram-se contaminadas pelo fungo *Aspergillus flavus*. Esse fungo é responsável pela produção de aflotoxina, uma micotoxina altamente carcinogênica, cuja presença na ração, mesmo que em pequenas quantidades, é suficiente para o desenvolvimento de doença. As sementes de algodão possuem ainda dois componentes tóxicos, o gossipol e os ácidos graxos ciclopropenoicos. O gossipol causa anorexias súbitas e deposição de grandes quantidades de glóbulos sudanofílicos no fígado e nos rins dos peixes, enquanto os ácidos graxos ciclopropenoicos atuam como poderosos sinérgicos da aflotoxina B1, podendo ainda ser um carcinogênico, ainda que em um nível menos intenso (ROBERTS, 2002).

3.2 Mamona (*Ricinus communis* L)

3.2.1 Origem e importância econômica da mamoneira

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) (Figuras 9 e 10), pertencente à família Euforbiácea; é uma oleaginosa possivelmente originária da Etiópia, no Leste da África. De suas sementes se extrai o ácido ricinoleico, um óleo (Figura 11) de excelentes propriedades e de largo uso como insumo industrial (CARTAXO *et al.*, 2004).



Fotos: Weverson Scarpini Almagro.



Figura 10 – Detalhe do cacho da mamoneira.



Fonte: Mamona – produção de óleo e torta. Rural sementes.

Figura 9 – Mamoneira, cultivar BRS 149.

Figura 11 – Óleo, torta na forma bruta e semente cv. 226.

Essa planta foi trazida para o Brasil pelos portugueses com a finalidade de utilizar o óleo da mamona para a iluminação em geral e a lubrificação de eixos de carroças. O clima tropical, predominante no Brasil, facilitou seu alastramento. Assim, hoje, encontra-se a mamoneira como se fosse uma planta nativa, em quase todo o território nacional, apresentando grande potencial para ser cultivada em amplas áreas, em razão de apresentar expressiva resistência à seca, de exigir calor e luminosidade e de se adaptar perfeitamente ao clima semiárido (CARTAXO *et al.*, 2004).

A importância da cultura da mamona se deve à grande aplicabilidade de seu óleo, que apresenta 90% de ácido ricinoleico em sua composição. Esse ácido apresenta o grupo hidroxila no carbono 12 e uma dupla ligação entre os carbonos 9 e 10, constituindo uma matéria-prima com características muito particulares. O grupo hidroxila confere estabilidade ao óleo de mamona, que mantém sua viscosidade em condições de grande amplitude térmica, ao contrário de outros óleos vegetais que perdem a viscosidade em altas temperaturas e se solidificam em baixas temperaturas (SAVY FILHO *et al.*, 1999).

O ácido ricinoleico, cujas propriedades e estrutura da cadeia carbônica conferem singularidade ao óleo de mamona, possui diversas aplicações, como: na lubrificação de turbinas; na fabricação de tecidos, adesivos, cosméticos, fios, tubos plásticos, tintas automotivas e de impressoras; além de ser um componente usado nas telecomunicações e na biomedicina (SILVA *et al.*, 1996a).

Do ponto de vista de mercado, a industrialização da semente de mamona fornece dois produtos principais: o óleo bruto, cuja importância foi vista anteriormente, e a torta de mamona, cujo emprego precisa ser melhorado (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2009).

A extraordinária multiplicidade de aplicações industriais do seu óleo e o valor agregado da sua torta como fertilizante orgânico e suplemento proteico para alimentação animal, quando destoxificada, situam a mamona entre as oleaginosas tropicais mais importantes da atualidade (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986).

3.2.2 A mamona como matéria-prima para a produção de biodiesel

Atualmente, existe uma crescente demanda de energia em todo o mundo, tornando um grande desafio a busca de combustíveis renováveis.

Nesse cenário, uma nova e importante oportunidade de negócio começa a se apresentar em meio a um contexto de grande expansão do complexo agroindustrial, motivada pela crescente preocupação com a poluição ambiental, trazendo para os debates em nível internacional a utilização de óleos vegetais como combustível para motores do chamado ciclo diesel (VIEIRA, 2004).

Considerando-se a reabsorção pelas plantas, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões líquidas de gás carbônico se comparado ao diesel derivado de petróleo. Além disso, as emissões de fumaça podem ser reduzidas em 90% e as emissões de óxido de enxofre praticamente são eliminadas. É importante salientar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (HOLANDA, 2004).

O Brasil possui um grande potencial para produção de biodiesel, que poderá suprir as nossas necessidades e, ao mesmo tempo, ser um produto de exportação.

A mamona está entre as oleaginosas cogitadas para a produção de biodiesel. Seu uso é defendido pelos grupos que apoiam a agricultura familiar e o desenvolvimento da região Nordeste (BELTRÃO; LIMA, 2007).

3.2.3 Torta de mamona na alimentação de animais

Define-se como torta de mamona o coproduto da extração do óleo das sementes da mamoneira (*Ricinus communis*). A torta é o principal coproduto da cadeia produtiva da mamona, produzida a partir da extração do óleo das sementes dessa oleaginosa, na proporção aproximada de 1,2 tonelada para cada

tonelada de óleo extraída, ou seja, correspondendo a 55% de peso das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo. Em todo o mundo, seu uso predominante tem sido como adubo orgânico, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal, aproveitando seu alto teor de proteína. No entanto, em função da presença de componentes tóxicos nas sementes, o uso da torta *in natura* ainda é limitado. Na Figura 12 pode ser observada a torta de mamona destoxificada utilizada na ração de peixes (SEVERINO, 2005).



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 12 – Torta de mamona destoxificada para preparação da ração de peixes.

3.2.4 Substâncias tóxicas (fatores antinutricionais) da torta de mamona: mecanismo de ação e toxidez

Ao longo de milhares de anos, as plantas, por meio do processo de seleção natural, têm desenvolvido mecanismos de proteção de suas espécies. Assim, uma variedade de compostos e substâncias desagradáveis ou venenosas passaram a fazer parte de suas estruturas (raiz, tronco, folha, flores e frutos), para se defenderem dos predadores e perpetuarem suas espécies.

Algumas espécies desenvolveram uma defesa química, apresentando substâncias que podem causar uma reação alérgica no intestino de um herbívoro, sendo forte o suficiente para impedi-lo de tentar comer novamente; outras possuem, em suas folhas, pelos urticantes que, em contato com a pele, causam uma sensação de queimação imediata e severa. Alguns vegetais possuem, em sua estrutura foliar, uma cutícula mais espessa de cera para evitar o ataque de insetos; em outros, as folhas contêm substâncias que, embora inofensivas para o

próprio vegetal, são fitotóxicos, reagindo com a luz ultravioleta para formar compostos venenosos que irão desativar ou matar o predador.

Algumas plantas desenvolveram formas de defesa física, como espinhos em seu caule. As sementes ou os frutos podem possuir um sabor desagradável (amargo) ou conter substâncias laxantes para desencorajar a alimentação dos predadores. Podem ainda apresentar um efeito cada vez mais venenoso, se o animal continuar a comer, levando ao óbito.

Outras plantas não possuem essas defesas visíveis. Elas são protegidas por tipos de compostos químicos, denominados substâncias antinutricionais, que percorrem uma parte ou toda a estrutura do vegetal.

A avaliação do valor nutricional de determinados alimentos depende, principalmente, de seus nutrientes e da sua disponibilidade biológica. Depende, ainda, da presença e dos níveis de substâncias tóxicas e, ou, antinutricionais, as quais podem alterar essa composição ou tornar indisponíveis esses nutrientes (PEZZATO, 1995).

Segundo Francis *et al.* (2001), os fatores antinutricionais podem ser amplamente divididos em três grupos:

- 1) fatores que agem na utilização e digestão da proteína, como os inibidores de proteases, taninos e lectinas;
- 2) fatores que agem na utilização dos minerais, os quais incluem os fitatos, os pigmentos do gossipol, oxalatos e glicosilatos; e
- 3) antivitaminas e substâncias mistas, como as micotoxinas, mimosina, cianogênicos, nitrato, alcaloides, agentes fotossensibilizantes, fitoestrogênios e saponinas.

Esses fatores também podem ser classificados de acordo com sua aptidão para resistir aos processamentos térmicos de desativação. Os fatores termolábeis, desativados na presença de calor, abrangem os inibidores de proteases, fitatos, lectinas, goitrogênios e antivitaminas; enquanto os fatores termoestáveis, que não se alteram na presença de calor, são representados pelas saponinas, polissacarídeos não amiláceos, proteínas antigênicas, estrogênios e alguns componentes fenólicos.

Sobre o uso da torta de mamona na alimentação de animais é importante ressaltar que ela possui **três fatores antinutricionais**: 1) uma proteína tóxica chamada ricina; 2) um conjunto de proteínas alergênicas, inicialmente

denominado de CB-1A; e a 3) ricinina.

3.2.4.1 Ricina

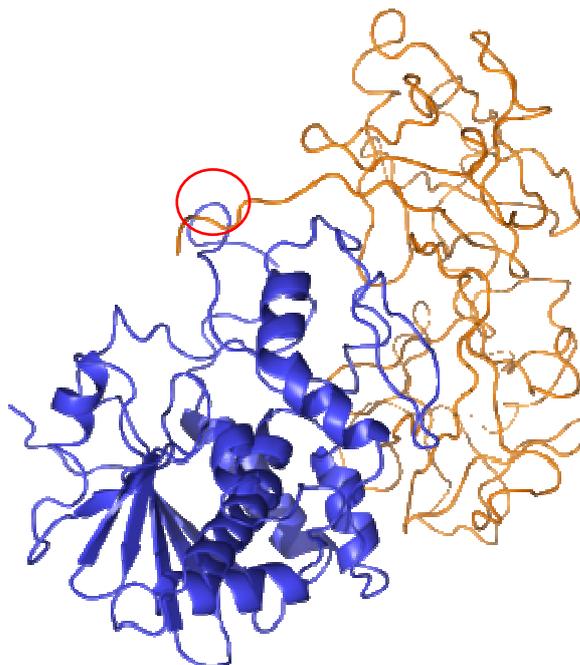
A ricina é uma potente toxina. É uma proteína heterodimérica com massa molecular de aproximadamente 65 kDa. Possui duas subunidades de aproximadamente 32 kDa (tipo I, apresentando uma cadeia polipeptídica A) e 34 kDa (tipo II, apresentando uma cadeia polipeptídica B), ligadas por uma ponte dissulfeto com diferentes funções biológicas. A estrutura tridimensional da ricina é apresentada na Figura 13. A cadeia A tem atividade enzimática, enquanto a cadeia B funciona como um ligante de receptores. A cadeia A da ricina é muito eficiente dentro da célula, com apenas uma molécula podendo desativar milhares de ribossomos por minutos. Assim, uma molécula pode inativar ribossomos mais rapidamente do que a célula pode sintetizar novos ribossomos, e, portanto, a mata (OLSNES; KOZOLOV, 2001).

A ação da ricina nos organismos animais provoca uma inibição à síntese proteica, levando à morte das células eucarióticas. Assim, ela é uma proteína da classe das toxinas conhecidas como proteínas inativadoras de ribossomos, RIPs (COOK *et al.*, 2006) e por ser formada por duas cadeias polipeptídicas, é reconhecida como uma RIP-tipo 2 (RIP II).

Os principais sintomas de toxidez (envenenamento) em animais domésticos são: paralisia da respiração e sistema vasomotor, cólicas abdominais, diarreia, aumento do ritmo cardíaco, ausência de coordenação dos movimentos, febre e hemorragia (TÁVORA, 1982).

Segundo Brito (1996), os sintomas da intoxicação por mamona em coelhos são: perturbações digestivas, inapetência ou anorexia, fezes escassas, escuras e, às vezes, pastosas, cólicas. Na necropsia, revelou-se que os principais sintomas são percebidos no intestino delgado e ceco. O período entre a administração da mamona e a morte do coelho variou entre 12 e 68 horas, ressaltando-se que os primeiros sintomas foram percebidos após 8 horas.

Segundo Evangelista (2007), os principais efeitos tóxicos da mamona (ricina), tanto para pessoas quanto para animais, são: diarreia, vômitos, hemaglutinação e hemólise, sendo que esses sintomas são manifestados em torno de 12 horas.



Fonte: Rutenber e Robertus (1991).

Figura 13 – Estrutura da ricina. A cadeia B está à direita, e a cadeia A está à esquerda. O círculo indica a ponte dissulfeto. Figura preparada por meio de do programa MOI:MOI por Korardi *et al.* (1996).

3.2.4.2 CB-1A – Albumina 2S

Um segundo fator limitante da utilização da torta de mamona são as proteínas alergênicas conhecidas por **CB-1A**, que é um conjunto de glicoproteínas.

O termo CB-1A, como explica Trugo (1979), surgiu de *castor beans* (sementes de mamona, em inglês), e 1 A corresponde ao processo desenvolvido por Spies e Coulson (1943). O método se baseia no fato de que a fração na qual os alérgenos estão presentes é insolúvel em álcool a 75% e solúvel em água. Posteriormente, observou-se que essas proteínas pertenciam à classe das Albuminas, com coeficiente de sedimentação 2S, sendo, portanto, conhecidas como Albuminas 2S.

Sharief e Li (1982) elucidaram a estrutura primária de um desses alérgenos e obedecendo à nomenclatura recomendada pela Comissão internacional de Alergia nomeou-o como Ric c 1. Thorpe *et al.* (1988) demonstraram que esses alérgenos poderiam estar presentes também no pólen, uma vez que pessoas que residiam próximo às áreas de plantio apresentavam anticorpos específicos contra estas proteínas.

Em 1992, um segundo alérgeno, Ric c 3, foi isolado das sementes de mamona (MACHADO; SILVA JÚNIOR, 1992) e teve sua estrutura completamente elucidada em 1996 (SILVA *et al.*, 1996). Machado *et al.* (2003) identificaram outras proteínas alergênicas nessas sementes, também pertencentes à classe de albuminas 2S.

As propriedades alergênicas das albuminas 2S são resistentes à desnaturação térmica e química, podendo, mesmo após os tratamentos de destoxificação, desencadear alergia por contato bem como por inalação (MACHADO; SILVA, 1992; SILVA *et al.*, 1996). O mesmo grupo vem desenvolvendo pesquisa na área de desativação dos alérgenos, desenvolvendo um medicamento para prevenir a deflagração da alergia, conforme PATENTE (INPI) PI 0506648-4 A2, 2005.

Define-se um alérgeno como uma substância normalmente inofensiva, encontrada no ambiente ou nos alimentos, capaz de produzir asma, febre, eczema e desconforto gastrointestinal ao ser posta em contato com uma pessoa previamente sensibilizada (SPIES, 1974, citado por ICOA, 1989).

O termo hipersensibilidade ou alergia refere-se a um estado alterado anormal do sistema imune, no qual se o antígeno estiver presente e o estado imunológico humoral (anticorpos) ou celular se encontrar em nível intensificado, pode ocorrer uma reação excessiva que conduzirá a grandes danos aos tecidos. Lembrando que o organismo que teve uma pré-exposição a um determinado antígeno e, subseqüentemente, tem contato com esse antígeno, tem a resposta imunológica reforçada (EL-AGAMY, 2007). As células do organismo previamente sensibilizado ao entrarem em contato com o alérgeno são atraídas para o local de inoculação do antígeno e orquestram mecanismos celulares para tentar eliminar e, ou, proteger o corpo de maiores danos (SICHERER; LEUNG, 2008).

Em geral, os alérgenos vegetais são proteínas de defesa que permitem à planta resistir aos estresses bióticos e abióticos. Muitos tecidos de plantas que são consumidos por humanos contêm milhares dessas proteínas alergênicas. Aproximadamente, 0,5% da população dos Estados Unidos é afetada por vários estágios de alergia alimentar, mediada por imunoglobulina do tipo E (BREITENEDER; RADAUER, 2004; EL-AGAMY, 2007).

A alergia causada pela torta de mamona ocorre principalmente pela inalação da poeira da torta, podendo representar um problema de saúde tanto

para os trabalhadores de uma usina de extração quanto para a população que habita nas proximidades da fábrica, pois o vento pode espalhar a poeira. A manifestação da alergia se caracteriza por congestão nasal, irritação das mucosas dos olhos e do nariz e comichão em várias partes do corpo (MACHADO *et al.*, 2007). Este tipo de alergia é caracterizado como atópica, na qual os sintomas aparecem em, no máximo, 60 minutos após a exposição. Por via oral, apenas 0,01% do CB-1A é absorvido pelo sistema digestivo, de forma que, para provocar alergia por meio da alimentação, é preciso a ingestão de grande quantidade de torta de mamona (TRUGO, 1979).

3.2.4.3 Ricinina

A ricinina é a terceira substância limitante presente na torta de mamona. Esse alcaloide é encontrado em todas as partes da planta, podendo ser detectado desde as suas fases iniciais de desenvolvimento (HOLFELDER *et al.*, 1998). É uma substância de defesa da planta, sintetizada em maior quantidade em situações como danos mecânicos ou alta temperatura. Foi isolada a primeira vez por Henry, em 1949, citado por Carvalho (1978). A contribuição da ricinina à toxicidade da torta é muito pequena, por apresentar baixa atividade tóxica, por estar presente em baixa concentração e por ser um componente volátil (CARVALHO, 1978).

O teor de ricinina varia muito entre as partes da planta: 1,3% nas folhas (matéria seca); 2,5% em plântulas estioladas; 0,03% no endosperma da semente; e 0,15% na casca da semente (MOSHKIN, 1986).

3.2.5 Processos de transformação da torta de mamona em produto atóxico

A transformação da torta de mamona em um produto atóxico que possa ser usado para a alimentação animal já vem há muito tempo despertando a atenção de diversos pesquisadores no mundo. Alguns resultados satisfatórios têm sido obtidos, embora alguns passos tecnológicos ainda necessitem ser melhorados para que o produto possa tornar-se economicamente viável (OLSNES, 2004).

Segundo Severino (2005), diversas pesquisas voltadas à destoxificação de torta de mamona para a alimentação de animais alcançaram resultados

satisfatórios, como a de ração para ruminantes. No entanto, para a alimentação de monogástricos (aves, suínos e peixes), a torta de mamona (28,5% de proteína bruta) (AZEVEDO; LIMA, 2001) não pode ser fornecida como única fonte de proteínas, pois apresenta carência em dois aminoácidos essenciais: lisina e triptofano (Tabela 1), que a compara com o farelo de soja (45,93% de proteína bruta) (FURUYA, 2010).

Tabela 1 – Composição percentual em aminoácido na torta de mamona destoxificada e do farelo de soja

Aminoácido	Torta de Mamona (%)	Farelo de Soja (%)	Mamona em Relação à Soja (%)
Arginina	3,505	2,563	+26,9
Lisina	0,669	2,549	-281,0
Metionina	0,633	0,663	-4,7
Cistina	0,433	0,583	-34,6
Triptofano	0,086	0,660	-667,4
Histidina	0,564	0,785	-39,2
Leucina	2,816	3,426	-21,7
Isoleucina	1,89	1,947	-3,0
Fenilalanina	1,775	2,005	-13,0
Treonina	1,224	1,772	-44,8
Valina	2,429	2,341	+3,6

Fonte: Benesi (1979).

De acordo Savy Filho e Banzatto (1983), o farelo de mamona apresenta excelente composição química, destacando-se seu teor de proteína (28,5%), que o torna uma atraente alternativa proteica para alimentação animal; e como esses níveis são satisfatórios, é importante o conhecimento do perfil de aminoácidos, visto que as dietas são formuladas atendendo aos níveis de aminoácidos limitantes para cada espécie de não ruminantes.

Na década de 1960 houve significativos plantios de mamona nos Estados Unidos, notadamente no Estado do Texas, sendo concomitantemente realizados intensivos programas de alimentação animal com torta de mamona. O somatório de tecnologias desenvolvidas permitiu que se desenvolvesse um produto livre de toxidez, com boas quantidades nutricionais, utilizando-se processos de destoxificação com base em calor e umidade, basicamente aquecimento por vapor. No entanto, o processo visava apenas à eliminação da toxicidade, mantendo-se a ressalva de que o produto ainda possuía alergenicidade, embora

esse tenha sido um problema mais relacionado às pessoas que manipulavam o produto que aos animais com ele alimentados (ICOA,1989).

Também na década de 1960, a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S.A. (SANBRA) iniciou a produção de uma torta de mamona destoxificada por aquecimento (autoclavagem), denominada Lex Proteico (PERONE *et al.*, 1966). Segundo ICOA (1989), a experiência de produção do Lex Proteico foi satisfatória, visto que o produto foi utilizado durante vários anos na alimentação de milhares de animais, sem que tenham sido relatados problemas com intoxicação.

Miranda *et al.* (1961) testaram o uso da torta destoxificada (Lex Proteico), comparando ao uso de torta de soja na alimentação de vacas leiteiras. O Lex Proteico não intoxicou os animais e trouxe resultados próximos aos da torta de soja, embora os autores tenham expressado a necessidade de conduzir experimentos com maior duração para dispor de avaliação mais segura do produto.

Bose e Wanderley (1988) estudaram a torta de mamona destoxificada em mistura com feno de alfafa em diferentes proporções para alimentação de ovinos. Concluíram que a adição de torta de mamona ao feno de alfafa traz benefícios, aumentando a digestibilidade das proteínas e da energia, sem qualquer relato de problemas com intoxicação dos animais.

Em uma série de estudos realizados em 1979, na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, avaliou-se o efeito da torta destoxificada sobre o desempenho, os valores hematológicos, a atividade de algumas enzimas e as alterações histopatológicas do fígado em suínos (SOUZA, 1979). O farelo de soja foi substituído pela torta de mamona em três níveis: 33, 66 e 99%. Testou-se também a complementação da torta com aminoácidos essenciais e um tratamento com reautoclavagem para verificar se ainda restava efeito tóxico na torta destoxificada. Concluiu-se que a substituição do farelo de soja por torta de mamona destoxificada piorou o desempenho dos suínos em várias características estudadas, inclusive causando danos ao fígado e anemia. Porém, esses sintomas foram causados pela deficiência de alguns aminoácidos essenciais e não pelo efeito tóxico de ricina. A complementação da dieta com os aminoácidos lisina e triptofano proporcionou desenvolvimento dentro da normalidade. A redução no teor de lisina pode ter sido causada pela alta

temperatura a que a torta possivelmente foi submetida no processo de destoxificação, efeito observado por Mottola *et al.* (1971).

Em resumo, os processos de destoxificação da torta de mamona podem ser agrupados em físicos, químicos ou biológicos.

3.2.5.1 Tratamentos físicos

Encharcamento: o processo consiste em imergir a torta de mamona em água, na proporção de 1:10, em três diferentes intervalos: 3, 6 e 12 horas. Posteriormente, a torta é filtrada usando um pano de musselina e ar seco e armazenada à temperatura de 4 °C (ANANDAN *et al.*, 2004).

Extração com vapor: a torta de mamona é triturada em pó e umedecida com água. Posteriormente, é espalhada em um pano de musselina em um prato perfurado. O vapor passa através desses orifícios por um período de 30 a 60 minutos (ANANDAN, 2004).

Fervura: a torta de mamona é imersa em água na proporção de 1:10 e aquecida à temperatura de 100 °C por 30 a 60 minutos. O conteúdo é filtrado em um pano de musselina e ar seco e armazenado a 4 °C (ANANDAN, 2004).

Autoclave: as amostras de torta de mamona são pesadas e, posteriormente, colocadas na autoclave a 15 psi por 30 a 60 minutos. Após esse período, são secas em temperatura ambiente, antes de serem armazenadas (ANANDAN, 2004).

Forno de ar quente: a torta de mamona é submetida ao aquecimento em um forno de ar quente, em diferentes tempos e temperaturas. As diferentes combinações realizadas foram 100 °C por 30 minutos e 120 °C por 25 minutos (ANANDAN, 2004).

Aquecimento: em virtude de sua baixa estabilidade térmica e da solubilidade em água, a ricina poderia ser eliminada da torta de mamona por qualquer processo de cozimento com vapor de água saturado (BELTRÃO; LIMA, 2007). Esse processo, no entanto, não apresenta viabilidade para aplicação em escala industrial em virtude do seu alto custo.

3.2.5.2 Tratamentos químicos

Tratamento com amônia: o processo consiste em adicionar às amostras uma solução de amônia (25 mL/L) para cada quilograma (kg) de torta de mamona. Às amostras são adicionadas uma concentração de 7,5 e 12,5 mL de amônia por kg do preparado. As amostras são colocadas em recipientes de plástico hermeticamente fechados, por sete dias. Após esse período, elas são secas ao ar e estão prontas para utilização (ANANDAN, 2004).

Tratamento com formaldeído: o processo consiste em adicionar às amostras uma solução de formaldeído (400 g/L) para cada kg de torta de mamona. As amostras são submetidas aos tratamentos a 5 e 10 mL de formaldeído. As amostras tratadas são totalmente misturadas e colocadas em recipientes hermeticamente fechados, por um período de sete dias. Após esse período, elas são secas ao ar e estão prontas para utilização (ANANDAN, 2004).

Tratamento com NaCl: para cada 1.000 g de torta de mamona é misturada uma solução de NaCl na proporção de 3 g/mL. Posteriormente, a amostra fica um período de repouso e depois é seca ao sol (ANANDAN, 2004).

Tratamento com ácido tânico: a cada amostra de 1.000 g de torta de mamona é misturada a solução de ácido tânico na proporção de 3 g/mL. O preparado é deixado por um período em repouso para reagir e, posteriormente, é seco ao sol (ANANDAN, 2004).

Tratamento com hidróxido de sódio: a cada amostra de 100 g de torta de mamona é misturado o hidróxido de sódio na proporção de 3 g/mL. A torta tratada é deixada por um período em repouso e, posteriormente, seca ao sol (ANANDAN, 2004).

Tratamento utilizando hidróxido de cálcio: consiste na adição de 100 μ L de diferentes soluções de compostos de cálcio (hidróxido de cálcio, carbonato de cálcio ou óxido de cálcio) nas concentrações de 4 e de 8% a 100 μ L de amostra de torta de mamona (0,3 g/mL). A mistura é mantida sob agitação por 12 horas à temperatura ambiente (OLIVEIRA, 2006).

3.2.5.3 Tratamento biológico

- Fermentação em estado sólido

O termo fermentação em estado sólido denota o cultivo de microrganismos em substratos sólidos umedecidos na ausência de uma fase aquosa livre (PANDEY, 2003). No entanto, o substrato deve apresentar umidade adequada para manter o crescimento e o metabolismo do microrganismo sem exceder a capacidade de retenção máxima de água pela matriz. A fermentação em estado sólido se assemelha ao habitat natural dos microrganismos e, portanto, é uma escolha interessante para eles crescerem e gerarem produtos de interesse tecnológico (FERNANDES, 2010).

Muitas bactérias, leveduras e fungos filamentosos crescem em substratos sólidos, dando origem a diversos produtos. Porém, entre os microrganismos estudados, os fungos filamentosos são os mais adaptados a esse sistema (MITCHELL; LONSANE, 1992). Dentre os fungos filamentosos, os mais empregados são os Phycomycetos dos gêneros *Mucor* e *Rhizopus*; e os ascomycetos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* (PANDEY *et al.*, 2000). Os fungos filamentosos possuem grande facilidade de se adaptar à fermentação em estado sólido, em virtude, principalmente, do seu crescimento em forma de hifas e de suas características fisiológicas. A penetração de hifas permite maior acessibilidade aos nutrientes do que no caso dos microrganismos unicelulares, reduzindo a distância em que os processos de difusão devem ocorrer. Isso é de grande importância, principalmente nos estágios finais da fermentação, quando os nutrientes da superfície encontram-se esgotados (MITCHELL; LONSANE, 1992; MITCHELL *et al.*, 2002).

Segundo Fernandes (2010), na destoxificação de rejeitos, seja com a intenção de aproveitá-los na alimentação animal ou de simplesmente eliminá-los de forma segura, a fermentação em estado sólido vem se apresentando como uma metodologia com potencial. Recentemente, foi mostrado que o processo de fermentação em estado sólido pode ser uma forma eficiente e barata de eliminação da ricina presente em rejeitos de mamona. Godoy (2009) mostrou que durante a produção de lipase por fermentação em estado sólido os níveis dessa toxina foram reduzidos a zero.

Schuster *et al.* (2002) ressaltam a importância da utilização do fungo *Aspergillus niger* para a produção de várias enzimas utilizadas, em especial, na indústria de alimentos. Segundo Fernandes (2010), outra aplicação para *A. niger* é a destoxificação da torta de mamona. Os mesmos autores demonstraram que, após 24 horas de fermentação no estado sólido, usando *A. Níger*, é possível obter uma torta destoxificada.

3.2.6 Outros processos de destoxificação da torta de mamona: destoxificação da ricina durante o armazenamento da torta de mamona

Segundo Crespo (2009), no processo de esmagamento da semente para extração do óleo ocorre uma agressão abiótica. As proteases presentes nas sementes disparam um processo de degradação das proteínas de reserva, entre as quais está a ricina. Em amostras de sementes esmagadas e armazenadas por um período de dois meses, em condições ambientais, ou seja, em condições naturais, sujeitas a todas as variações climáticas da região, ocorreu a diminuição das bandas de ricina.

O armazenamento em condições ambientais não degrada somente a banda de ricina, mas as demais proteínas maiores. Com cinco meses de armazenamento não se verifica a presença das bandas da ricina. Dessa forma, ocorre o desaparecimento da ricina da torta de mamona armazenada por um período de tempo de até seis meses. Em condições ambientais, o mesmo autor concluiu que as bandas referentes à molécula de ricina desaparecem da torta armazenada por mais de quatro meses. Concluiu ainda que as metaloproteases ficam ativas na torta de mamona e possuem suas atividades aumentadas com o armazenamento da torta. Assim, a manutenção da torta de mamona armazenada por um período de seis meses pode se tornar a tecnologia viável e possível de ser utilizada na destoxificação desse coproduto.

3.2.7 Impactos zootécnicos e financeiros do uso de alimentos com fatores antinutricionais na produção de peixes de corte

O impacto zootécnico e a viabilidade econômica do uso de alimentos alternativos como, por exemplo, a torta de mamona, está na aplicação de

metodologia que elimine ou neutralize as substâncias antinutricionais que interferem de forma negativa no cultivo de pescado. Outros fatores que devem estar associados aos alimentos alternativos e que causam impactos zootécnicos financeiros são o manejo adequado da espécie cultivada; a formulação e o balanceamento da ração de modo que atenda às exigências nutricionais do peixe; o equilíbrio entre energia e proteína; a estabilidade da ração na água; a utilização de ingredientes com uma moagem fina da mistura antes da granulação; o uso eficiente e eficaz do processo de peletização ou extrusão; a conversão alimentar; os níveis de digestibilidade; e a palatabilidade.

Além disso, o uso de alimentos alternativos com bom teor de proteína e de baixo custo pode ser uma alternativa para a utilização de subprodutos, dando um destino viável para essa biomassa gerada pela produção de biodiesel, que vem se tornando um problema ecológico.

A utilização de ingredientes alternativos para a ração de peixe é de grande importância para obtenção de resultados positivos, seja em nível biológico, ambiental ou econômico. Segundo Ronaldo W. Hardy (2008), diretor do Instituto de Aquicultura da Universidade de Idaho, EUA, os desafios para o uso das proteínas alternativas vegetais na alimentação de peixes se concentram nos aminoácidos e nos minerais, que podem ser enfrentados com a ajuda da suplementação de proteínas de origem marinha, farinha de espinha de pescado processado e também fitase. Atenção especial deve ser dada à palatabilidade do alimento, bem como aos fatores de crescimento que estão na farinha de pescado, mas que não estão presentes nos concentrados proteicos de origem vegetal.

Segundo o mesmo autor, os ingredientes utilizados nas rações aquáticas possuem tendência a alterações, por serem produtos de *commodities*. Em função do exposto acima, existe tendência de que os ingredientes tradicionais possuam uma variação financeira no mercado internacional, refletindo-se no mercado nacional. Pesquisas das fontes alternativas visando equacionar sua deficiência e eliminar ou minimizar os efeitos antinutricionais se tornam uma estratégia para diminuir o custo de produção da ração e aumentar a produtividade no cultivo de peixes (HARDY, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante (FEVN), do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER-ES), situada a 720 m de altitude e coordenadas 20°38'S de latitude e 41°19'W de longitude, comunidade de Viçosinha, zona rural de Venda Nova do Imigrante, região serrana do Estado do Espírito Santo, Brasil. A temperatura mínima local (média anual) varia de 9,4 a 11,8 °C; e a máxima (média anual), de 27,8 a 30,7 °C. A precipitação média anual é de 1.476 mm (INCAPER, 2012) (Figuras 14 e 15).



Figura 14 – Sede do Incaper. Venda Nova do Imigrante, ES.



Figura 15 – Fazenda Experimental do Incaper. Venda Nova do Imigrante, ES, com destaque para área do projeto de pesquisa.

Fotos: Weverson Scarpini Almagro.

4.2 Aquisição dos alevinos do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*)

A espécie utilizada no experimento foi o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). Os alevinos foram adquiridos de um mesmo lote da fazenda Matutina, localizada em Itarana, Espírito Santo.

Os alevinos foram transportados para a área experimental de Venda Nova do Imigrante, ES, em sacos plásticos de 50 litros, contendo 16,6 litros de água (1/3 do volume) e oxigênio (2/3 do volume). Foram adicionados aos recipientes de transporte dos alevinos: azul de metileno a 0,1% e NaCl a 0,3%, com a finalidade de diminuir metabolismo dos animais e minimizar o nível de estresse no transporte.

4.3 Preparo das rações

4.3.1 Aquisição da torta de mamona e moagem

A torta de mamona foi obtida da empresa Bioóleo industrial e Comercial S.A., situada em Limoeiro, município de Feira de Santana, Bahia, na forma bruta, com tamanho variando de 5 a 10 cm. Inicialmente, utilizou-se uma máquina de triturar galhos CID 45SL, motor Briggs Stratton, série 650 IC, 190 cc (gasolina) e todo o material foi triturado em partículas de 2 a 3 mm. Em uma segunda etapa, o material foi novamente triturado, sendo utilizado o moinho de faca do laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos, RJ, Brasil. As partículas ficaram com granulometria entre 0,25 e 1 mm. Todo esse material finamente particulado foi armazenado em freezer horizontal e mantido à temperatura entre -1 e -15 °C até a formulação das rações.

4.3.2 Destoxificação da torta de mamona

Este método tem como objetivo inativar a proteína tóxica e os epitopos alergênicos simultaneamente. Todo o procedimento foi realizado no Laboratório de Química e Funções de Proteína e Peptídeo (LQFPP), do Centro de Biociência e Biotecnologia da UENF.

Como etapa da destoxificação, a torta de mamona foi tratada com óxido de cálcio a 8% e incubada, sob agitação, por 12 horas, segundo método descrito por Deus-de-Oliveira (2010). A concentração utilizada foi de 0,08 g de óxido de cálcio para cada 0,3 g de torta de mamona.

Para confecção das rações foram utilizados 4.000 g de torta de mamona moída (pó). Após sua retirada do freezer, a torta foi colocada em bandeja plástica e, em seguida, tratada com 1.066 g de óxido de cálcio. O material foi homogeneizado manualmente por 15 minutos e após 30 minutos adicionou-se gradualmente 1.500 mililitros de água destilada. O material foi novamente homogeneizado por 15 minutos. A temperatura inicial da mistura foi a de 25 °C, 30 minutos após essa homogeneização. O material foi homogeneizado mais uma vez e a temperatura verificada por 12 horas. Após a estabilização da temperatura em 25 °C, o material tratado permaneceu em repouso por mais 12 horas. Em seguida, foi guardado em freezer horizontal e mantido à temperatura de -1 a -15 °C até a sua utilização. As etapas da preparação da torta de mamona destoxificada estão nas Figuras 16, 17, 18, 19.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 16 – Torta de mamona bruta.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 17 – Trituração da torta de mamona em moinho de faca.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 18 – Torta de mamona triturada.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 19 – Torta de mamona destoxificada.

4.3.3 Avaliação da toxicidade da torta de mamona

4.3.3.1 Obtenção do extrato proteico

A torta de mamona tratada com CaO (1 g) foi embebida com 4 mL de tampão PBS pH 7,2. A mistura foi mantida sob agitação durante 3 horas em temperatura ambiente e em seguida submetida à centrifugação a 2.000 g durante 5 minutos. O sobrenadante dessa centrifugação foi submetido à centrifugação (10.000 g) por 15 minutos. O sobrenadante final (extrato bruto de proteínas) foi coletado. Com base nos dados obtidos por Fernandes (2008), cuja concentração de ricina variava entre 1,5 a 4,5% em função da cultivar usada, admite-se o valor médio, ou seja, 3% para essa proteína. Diluições desse extrato foram feitas de modo a obter uma solução estoque contendo ricina 50 µg/mL em tampão PBS pH 7,2. O material foi esterilizado em fluxo laminar, utilizando-se filtros de 0,22 µm.

4.3.3.2 Testes de atividade tóxica em cultura de células

Para avaliar o processo de destoxificação foi empregado o ensaio de viabilidade das células Vero, derivadas do rim de *Cercopithecus aethiops*, cultivadas em meio de cultura DMEM (*Dulbecco's Modified Eagle Medium*), suplementado com 5% de soro fetal bovino a 37 °C e na presença de 5% de CO₂.

As células para o ensaio foram desprendidas de uma garrafa de 25 cm² (TPP/90025), contendo uma cultura em monocamada. Para isso, utilizou-se uma solução de tripsina (tripsina 0,5 mg/mL + EDTA 0,2 mg/mL), durante 5 minutos, à 37 °C. As células foram ressuspensas em meio de cultura (DMEM + 5% de soro fetal bovino). Essa suspensão foi dividida em uma placa de 24 poços, na proporção de 2,0 x 10⁴ células por poço, e a cultura foi mantida a 37 °C. O material-teste filtrado foi então incubado com as células, em duplicata, em uma concentração de 10 µg/mL.

Para determinar o efeito tóxico foram realizadas contagens de células íntegras em microscópio ótico, 24 horas após a incubação das células com o extrato proteico da torta tratada com CaO. A ruptura das células foi também avaliada pela dosagem da atividade da enzima citosólica, lactato desidrogenase (LDH). Os ensaios foram conduzidos em placa de 96 poços. Em cada poço da

placa foram adicionados 100 μ L do meio de cada cultura tratada, seguido de 100 μ L da solução do kit para detecção de LDH (Roche). A placa foi mantida na ausência de luz por 30 minutos para que ocorresse a reação e então foi feita uma leitura colorimétrica em espectrofotômetro a 495 nm.

4.3.4 Composição das rações

As rações para a realização do experimento foram calculadas, avaliadas e preparadas no laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da UENF. As rações foram calculadas para serem isocalóricas e isoproteicas, contendo 33,78% de proteína bruta e 3.100 Kcal/kg. As cinco rações-teste (controle, 7, 14, 21 e 28% de torta de mamona destoxificada quimicamente) foram peletizadas pelo equipamento da marca Chavante, (modelo 7,5 HP, capacidade de produzir 100/150 kg/hora). As rações foram devidamente identificadas, etiquetadas e armazenadas em freezer horizontal, à temperatura variando de -1 a -15 °C até sua utilização.

A dieta-controle não recebeu adição de torta de mamona e foi formulada com base nas exigências nutricionais de peixes onívoros. Todas as dietas foram complementadas com farelo de soja e trigo, farinha de peixe, milho moído (fubá), Premix (complexo vitamínico) e óleo de soja. Todos os ingredientes de cada ração foram moídos para obtenção de granulometria variando entre 0,25 e 1 mm (pó). As rações foram homogeneizadas por 20 minutos em misturador automático tipo Y (marca Calibras Industriais, tipo MSYESP060, nº 39119, serie 991222, redução exata 1:25, 1.750 rpm, capacidade nominal entrada de 2,6 KW). As misturas foram armazenadas em freezer horizontal com a finalidade de minimizar a decomposição de microrganismos, variando à temperatura de -1 a -15 °C em freezer até o uso experimental.

As composições das rações utilizadas nos três experimentos foram as mesmas (Tabela 2).

Tabela 2 – Formulação das dietas e composição calculada (%) para os experimentos 1, 2 e 3. Níveis de inclusão da torta de mamona destoxificada quimicamente

Ingrediente	0% TMDQ	7% TMDQ	14% TMDQ	21% TMDQ	28% TMDQ
Farinha de peixe	24,90	24,90	24,90	24,90	14,90
Farelo de soja	12,70	11,95	11,21	10,46	10,46
Farelo de trigo	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Milho (fubá)	20,00	20,0	20,00	20,00	20,00
TMDQ	-	7,00	14,00	21,00	28,00
Óleo	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Premix	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Mistura (S+T)	28,00	21,75	15,49	9,240	2,24
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutriente	%	%	%	%	%
Umidade e voláteis	10,55	9,46	8,77	8,97	8,81
Proteína bruta	35,24	33,98	33,36	32,33	33,15
Fibra bruta	2,94	5,75	3,97	6,05	6,42
E.E.H. ácida	15,80	15,40	14,82	16,04	15,70
Matéria mineral	8,85	10,23	11,34	12,78	12,83
Cálcio	1,69	2,29	2,85	3,39	3,45
Fósforo total	1,36	1,36	1,34	1,32	1,33

Legenda: TMDQ = torta de mamona destoxificada quimicamente (óxido de cálcio); Mist. (S+T) = mistura com 87,4 % de farelo de soja + 12,6% de farelo de trigo; e E.E.H. ácida = extrato etéreo por hidrólise ácida.

4.4 Experimento 1

O Experimento 1 foi o ponto de partida para verificar se os lambaris iriam absorver a ração com torta de mamona destoxificada quimicamente e em que percentual com melhor desempenho zootécnico.

Inicialmente, os 1.000 alevinos de *A. bimaculatus* adquiridos foram divididos em duas caixas de 1.000 litros cada. As embalagens (sacos plásticos) permaneceram por 20 minutos dentro das caixas de 1.000 litros para equilíbrio de temperatura. Posteriormente, as embalagens foram abertas lentamente para equilíbrio de pH e oxigênio. Nas caixas de recepção de 1.000 litros, foram adicionados 300 g de NaCl e 0,5 g de azul de metileno para minimizar o estresse do transporte e atuar preventivamente contra aparecimento de patologias. Os alevinos permaneceram em adaptação por 48 horas no local da realização do

experimento e foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial para alevinos, com teor de 40% de proteína bruta. As caixas receberam renovação contínua da água. Duas vezes ao dia foram realizadas limpezas do fundo (sifonamento) para retirar sobras de ração, impurezas e fezes dos peixes.

Essa primeira coleta de dados (Experimento 1) foi realizada de 2 de fevereiro a 13 de março de 2011 e conduzida em 25 caixas de fibra de vidro com capacidade de 100 litros cada, que possuíam sistema de drenagem por cotovelo móvel, programado para manter volume constante de 100 litros de água. A vazão de entrada de água foi individual e controlada com vazão constante de 0,5 L/s. O sistema de abastecimento de água foi composto por duas nascentes com vazão total de 20.131 litros de água/dia.

O Experimento 1 foi composto por cinco tratamentos: 1) controle, 0% TMDQ; 2) 7% TMDQ; 3) 14% TMDQ; 4) 21% TMDQ; e 5) 28% TMDQ. A alimentação foi oferecida até a saciedade.

O delineamento do Experimento 1 foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada caixa recebeu 20 alevinos, que, antes do povoamento, foram pesados individualmente em balança digital (marca BELMAK, modelo ELP-25) e medidos com ictiômetro.

Após o povoamento, as caixas foram cobertas com tampa circular revestida com sombrite com 30% de transparência. A finalidade desse procedimento foi evitar a fuga dos animais e proporcionar ambiente de penumbra para minimizar o estresse. Nas Figuras 20, 21 e 22, podem ser vistos os alevinos, os juvenis e os tratamentos com as repetições. Durante 40 dias os peixes foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 20 – Alevinos utilizados no povoamento.

Figura 21 – Experimento 1: juvenis com 40 dias.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 22 – Tratamentos com as repetições.

Os dados de temperatura, pH e oxigênio da água foram coletados diariamente. A temperatura foi medida com termômetro digital portátil/campo (marca HANNA, HI 9146); o oxigênio, com oxímetro digital portátil (marca HANNA HI 9146, bateria 12 volts, precisão $\pm 1,5\%$, escala cheia mg/L O₂); e o pH, com pHmetro digital de campo (marca Lutron pH-221).

Durante a realização do Experimento 1, a ração ficou armazenada na geladeira, em temperatura de 1,7 a 5,0 °C.

A rotina diária de manejo e coleta de dados está descrita abaixo:

Horário: 8h30:

- medição de temperatura, oxigênio e pH da água;
- alimentação dos alevinos até a saciedade;
- alinhamento do nível da água das caixas;
- checagem de mortalidade dos alevinos; e
- sifonamento das caixas.

Horário: 12h30:

- medição de temperatura, oxigênio e pH da água;
- alimentação dos alevinos até a saciedade;
- alinhamento do nível da água das caixas; e
- checagem de mortalidade dos alevinos;

Horário: 16h30:

- medição de temperatura, oxigênio e pH da água;
- alimentação dos alevinos até a saciedade;
- alinhamento do nível da água das caixas;
- checagem de mortalidade dos alevinos; e,
- sifonamento das caixas.

Ao final do Experimento 1, por meio da análise estatística (análise de regressão linear e quadrática), as doses de TMDQ que propiciaram maiores ganhos de peso e de comprimento foram selecionadas para instalação dos Experimentos 2 e 3.

4.5 Experimentos 2 e 3

Após o término do Experimento 1 foram escolhidos os três melhores resultados das rações com torta de mamona destoxificada quimicamente e realizado um exercício experimental por 120 dias em situação de campo. Foram utilizados viveiros comerciais para cultivo de lambari em sistema semi-intensivo.

Os Experimentos 2 e 3 foram conduzidos em área total de 1.224,29 m², sendo 400 m² de área alagada, distribuída em quadro viveiros escavados de 100 m² (20 m x 5 m) e 1 m de profundidade (Figuras 23 e 24) e repetido em duas estações climáticas. O Experimento 2 foi realizado no período de 24 de abril a 18 de agosto de 2011; e o Experimento 3, de 14 de dezembro de 2011 a 13 de abril de 2012. Foram compostos pelos tratamentos: T1) Controle 0% (TMDQ); T2) 7% TMDQ; T3) 14% TMDQ; e T4) 21% TMDQ. As alimentações nos tratamentos foram ministradas até o ponto de saciedade.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 23 – Vista dos viveiros no início da preparação da área.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 24 – Vista dos viveiros, local da realização dos Experimentos 2 e 3.

Os 3.000 alevinos de *A. bimaculatus* adquiridos foram povoados inicialmente em dois viveiros-berçário de 100 m² cada. As embalagens (sacos plásticos) permaneceram por 20 minutos dentro dos berçários para equilíbrio da temperatura, sendo, posteriormente, abertas lentamente para que ocorresse

equilíbrio de pH e oxigênio. A renovação da água foi contínua. Nos berçários foram adicionados 30.000 g de NaCl para minimizar o estresse do transporte e atuar preventivamente no aparecimento de patologias. O período de adaptação foi de 48 horas, durante o qual a alimentação foi realizada três vezes ao dia, com ração comercial para alevinos, com teor de 40% de proteína bruta. Após esse período, os alevinos foram capturados com auxílio de rede de arrasto com malha de 8 mm de diâmetro de malha, 15,0 m de comprimento e 2,0 m de altura. Os peixes foram quantificados, medidos, pesados e, após seleção, foram imediatamente povoados nos viveiros experimentais.

Cada tratamento recebeu 300 alevinos, em densidade de 3 animais/m²; assim, foram utilizados 1.200 alevinos. Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia, às 8h30, 12h30 e 16h30, durante os 120 dias. O alimento foi depositado em caixa plástica telada (50 x 30 x 25 cm), individualizada por viveiro e submersa. As rações foram estocadas em sacos plásticos identificados e conservadas em geladeira, em temperatura variando de 1,7 e 5,0 °C. O excedente foi etiquetado e armazenado em freezer horizontal, em temperatura variando de -1 e -15 °C, para posterior uso na formulação das rações.

O fornecimento de água foi individualizado para cada viveiro, feito através de tubo PVC 75 mm e controlado por meio de registro de gaveta. A vazão média de abastecimento de cada viveiro foi de 1 L/s. O sistema de drenagem foi individual e do tipo cotovelo móvel, com tubo PVC de 100 mm.

Os efluentes dos tratamentos (água residuária) foram drenados por gravidade para tanque de decantação e retenção de partículas maiores em suspensão, composto por uma caixa de fibra com capacidade de 2.000 L. Os efluentes passaram por outra caixa com capacidade de 500 L, de onde foram bombeados para tanques de fitorremediação. A bomba utilizada foi da marca Schneider, 2 CV, modelo 700 ac, 3.455 rpm, trifásica de 220 volts, com boia automática.

A reposição da água dos viveiros foi realizada para a manutenção do volume inicial em virtude das perdas resultantes de infiltração e evaporação. A taxa de reposição inicial foi de 1% do volume dos viveiros. Nas Figuras 23 e 24 estão demonstradas a fase inicial e as melhorias realizadas nos viveiros/ experimento. Durante o experimento foram monitorados os parâmetros da água e

realizadas trocas de água do sistema. Um esquema dos tanques e pontos de coleta de amostras de água é apresentado na Figura 25. Na Figura 26, pode-se observar a área dos tratamentos (experimentos) e os tanques de fitorremediação.

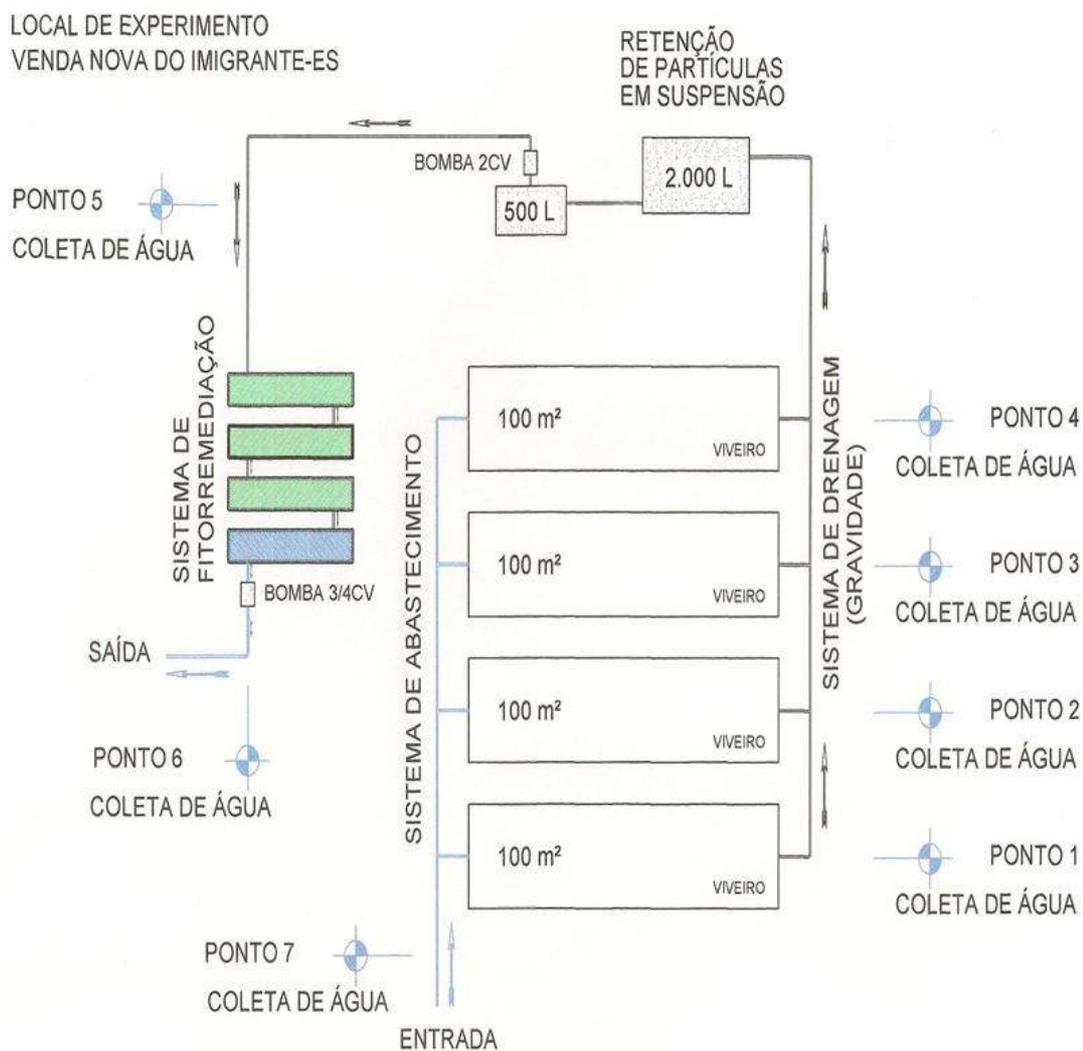


Figura 25 – Esquema da área de pesquisa dos Experimentos 2 e 3.



Fotomontagem: Weverson Scapini Almagro.

Figura 26 – Vista da área dos Experimentos 2 e 3 e da estrutura de fitorremediação.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente por regressão linear simples e múltipla.

4.6 Parâmetros avaliados nos Experimentos 2 e 3

4.6.1 Parâmetros limnológicos

Nos Experimentos 2 e 3, os parâmetros limnológicos foram coletados três vezes ao dia: às 9h30, 12h30 e 16h30. A temperatura da água dos viveiros foi coletada com um termômetro digital de campo, marca Salcas-Salvterm 1200, sensor tipo k; o pH foi avaliado com equipamento digital, marca LUTRON-PH-221; o oxigênio foi aferido com um oxímetro digital, marca HANNA HI9146, precisão de $\pm 1,5$ escala cheia mg/L; e o teor de amônia foi analisado com equipamento digital, marca Hanna HI 95715, tipo portátil, com campo de precisão de $\pm 0,12$ mg/L, nos quatros tratamentos uma vez por semana.

4.6.2 Avaliação do crescimento dos peixes

4.6.2.1 Biometria: parâmetros zootécnicos

A biometria ocorreu até 120 dias de cultivo, em intervalos de dez dias e com amostragem simples ao acaso de 30 indivíduos por tratamento (10% da população). Os peixes foram capturados com auxílio de rede de arrasto com

malha de 8 mm de diâmetro de malha, 15 m de comprimento e 2 m de altura. Após medição do comprimento e da massa corpórea, os peixes foram devolvidos aos respectivos tratamentos (Figuras 27 e 28).



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 27 – Balança para pesagem na biometria.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 28 – Ictiômetro para medição na biometria.

A coleta de dados foi realizada no final do processo, o que possibilitou que fosse verificado o desempenho particular alcançado por cada tratamento, principalmente no que tange aos quesitos peso médio final, comprimento médio final, taxa de mortalidade, ganho de peso e de crescimento. Foi verificado o impacto da utilização de diferentes percentuais de torta de mamona destoxificada quimicamente no crescimento e no ganho de peso dos peixes.

4.6.2.2 Avaliação das funções hepáticas por análises bioquímicas

Após 120 dias de experimento, os lambaris foram capturados e condicionados em baldes plásticos, com capacidade de 10 L, devidamente identificados e anestesiados em solução de benzocaína. Após aprofundamento da anestesia, os animais foram pesados, medidos, sangrados na artéria aorta e sacrificados por ruptura da coluna cervical no ponto do opérculo. Foi realizada incisão longitudinal ventral na parede celomática com tesoura cirúrgica.

Para as dosagens enzimáticas deixou-se o sangue coagular à 23 °C e o soro foi separado em alíquotas de 50 mL para a dosagem das atividades das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) no soro. Para estes ensaios foram utilizados kits comerciais da BioClin, como podem ser observados nas Figuras 29 e 30.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 29 – Coleta de sangue para avaliação das funções hepáticas por análise bioquímica (tratamentos).



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 30 – Avaliação das funções hepáticas por análise bioquímica TGO e TGP.

4.6.2.3 Avaliação histológica dos peixes dos tratamentos controle, 7, 14 e 21% de torta de mamona destoxificada

Para as análises morfológicas por microscopia ótica, intestino e fígado foram coletados (Figuras 31, 32, 33 e 34) e conservados em paraformaldeído 4%/glutaraldeído 1%, preparados em tampão cacodilato de sódio 0,1%. Os órgãos foram condicionados em recipientes plásticos com tampa e capacidade de 100 mL, devidamente identificados e registrados para encaminhamento ao laboratório de Biologia Celular e Tecidual (LBCT) da UENF. Essas avaliações foram feitas sob a supervisão do Dr. Edésio Tenório de Melo.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 31 – Controle.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 32 – 7% TMDQ.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 33 – 14% TMDQ.



Foto: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 34 – 21% TMDQ.

4.6.3 Investigação da presença de componentes tóxicos residuais nas águas de descarte

4.6.3.1 Presença de ricina na água residuária

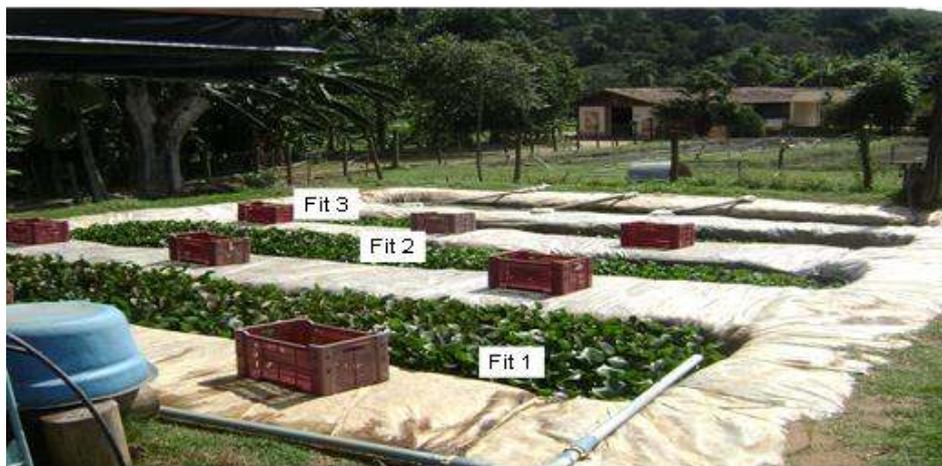
Para detecção de níveis de ricina, a água residuária coletada após a saída do sistema de fitorremediação foi congelada e posteriormente liofilizada e submetida à análise por eletroforese, em gel poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE 12%), segundo metodologia descrita por Laemmli *et al.* (1970). A quantidade da amostra aplicada no gel foi de 50 µg. Para a corrida eletroforética empregou-se o sistema mini-Protean-III da BioRad. As condições eletroforéticas foram de 60 mA/gel durante toda a corrida. O gel foi corado com azul *Comassie Brilliant Blue* 0,5% em metanol/ácido acético, água (45/10/45% V/V/V), por 24 horas. Na etapa final, o corante foi gradualmente retirado pelo uso da solução descorante metanol (45%) ácido acético (10%) água (45%).

4.6.3.2 Fitorremediação

A fitorremediação é um sistema utilizado para filtração da água residuária da aquicultura, composto de macrófitas e filtro biológico, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental causado pela água eutrofisada.

Após a sedimentação das partículas da água do meio e da superfície da caixa de decantação, a água, após passar pelas caixas de 2.000 L e 500 L de decantação, foi bombeada (1 CV-marca Schneider; 3.455 rpm, trifásica de 220 volts, com boia automática) para o primeiro tanque de fitorremediação.

Os tanques de fitorremediação foram revestidos por lona plástica transparente, com o objetivo de impermeabilizar e evitar a infiltração. A área total alagada dos tanques de fitorremediação foi de 21,5 m³ ou 49,49 m², composta por quatro tanques de fitorremediação (F): F1) 8,20 x 1,54 x 0,54 m (profundidade); F2) 8,28 x 1,36 x 0,54 m; F3) 8,4 x 1,59 x 0,35 m; e F4) 8,3 x 1,48 x 0,44 m. Esses tanques foram utilizados para filtrar os efluentes dos tanques do experimento. O efluente circulou nos tanques por gravidade, em sentido sinuoso, do tanque F1 para o F4. No final do tanque F4, o efluente foi escoado por diferença de gravidade para fora da unidade experimental, como pode ser demonstrado na Figura 36.

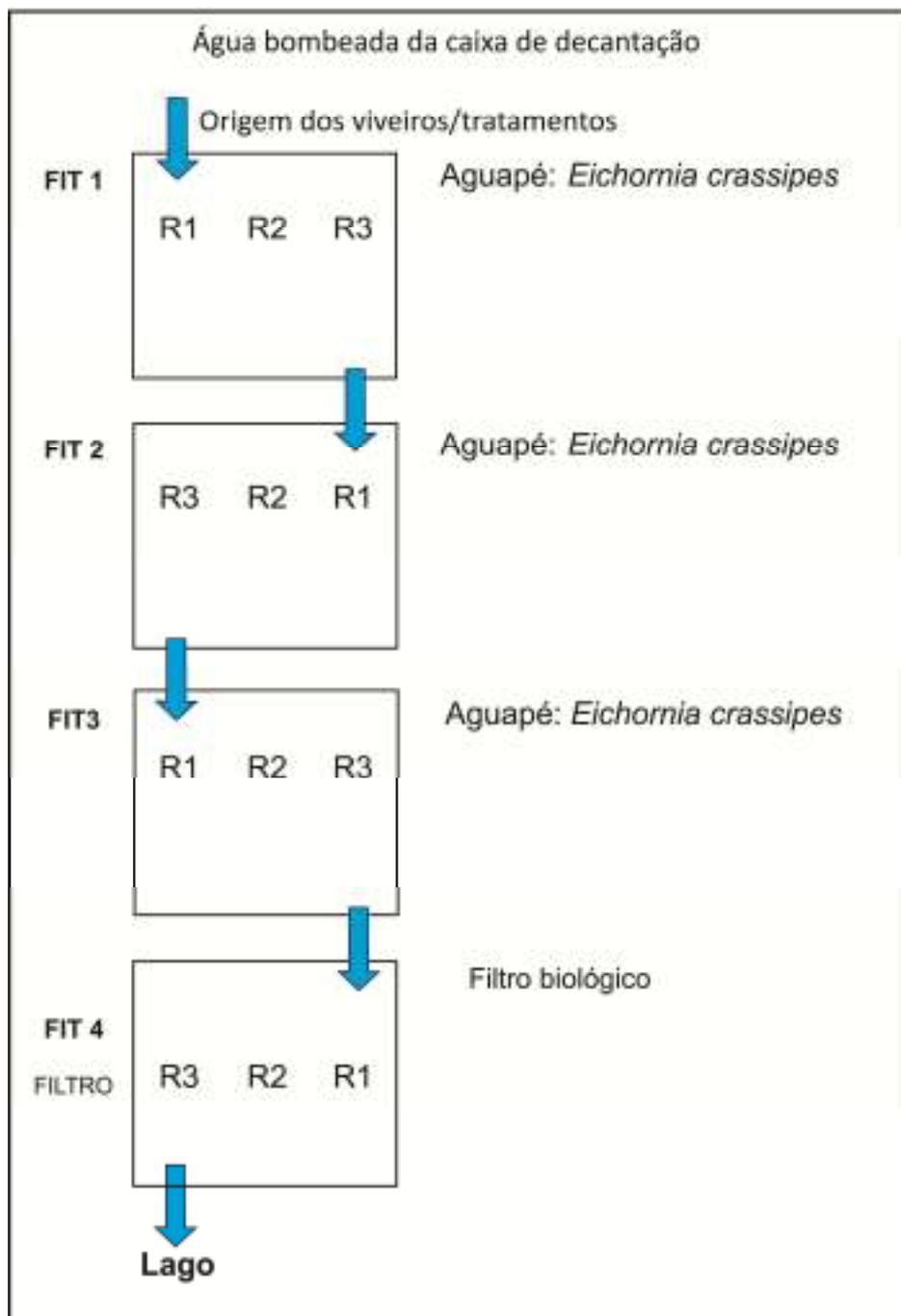


Legenda: Fit1 = fitorremediação 1; Fit2 = fitorremediação 2; e Fit3 = fitorremediação 3.

Fonte: Weverson Scarpini Almagro.

Figura 35 – Tanques de fitorremediação.

Esse processo ocorreu em quatro tanques (Figura 36). Três desses tanques (Fitorremediação 1, Fitorremediação 2, Fitorremediação 3) apresentavam aguapé (*Eichornia crassipes*) cobrindo toda a lâmina de água, com o objetivo de se obter uma maior eficiência no processo de filtragem. O quarto tanque de fitorremediação foi usado como filtro biológico, utilizando telas plásticas de sombrite com 30% de passagem de luz como substrato para adesão e multiplicação de bactérias nitrificantes.



Legenda:

FIT1 = fitorremediação 1 (macrófitas: aguapé).

FIT2 = fitorremediação 1 (macrófitas: aguapé).

FIT3 = fitorremediação 1 (macrófitas: aguapé).

FIT4 = filtro biológico.

R = repetição.

Aguapé = *Eichornia crassipes*.

Área da fitorremediação:

FIT1 = 8,20 m (comprimento) x 1,54 m (largura) x 0,54 m (altura) = 6,66 m³.

FIT2 = 8,28 m (comprimento) x 1,36 m (largura) x 0,48 m (altura) = 5,41 m³.

FIT3 = 8,40 m (comprimento) x 1,59 m (largura) x 0,35 m (altura) = 4,06 m³.

FIT4 = 8,30 m (comprimento) x 1,48 m (largura) x 0,44 m (altura) = 5,40 m³.

Área total alagada dos tanques de fitorremediação = 21,63 m³.

R1 = entrada da água; R2 = meio; e R3 = saída da água.

Quadro de coletas das amostras para análise = 0,70 m (comprimento) x 0,37 m (largura) – 0,26 m².

Figura 36 – Esquema do processo de fitorremediação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rações

5.1.1 Resultados do uso da TMDQ na alimentação dos peixes no Experimento 1

Essa sessão se destina a analisar as rações utilizadas no Experimento 1, a saber, com percentuais de inclusão da torta de mamona destoxificada iguais a 7, 14, 21 e 28%, identificando aquelas que proporcionaram melhores resultados na alimentação dos lambaris em relação à ração-controle (0% de torta de mamona destoxificada quimicamente).

Os dados experimentais para os parâmetros peso final (PF), comprimento final (CF), ganho de peso (GP) e ganho de comprimento (GC) foram submetidos à ANOVA e quando observada diferença entre os tratamentos realizou-se análise de regressão. Os modelos de regressão testados foram o linear e o quadrático. A significância dos modelos, a falta de ajuste, o coeficiente de determinação (R^2) e a distribuição dos resíduos foram utilizados para checar o ajuste do modelo (BARROS NETO *et al.*, 2003). O programa utilizado para a realização das análises estatística foi o Statistica versão 6.0 (STAT SOFT, 1988).

Houve redução no PF médio dos animais (Tabela 3), em relação ao tratamento T1, variando de 0 a 31,5%. Praticamente não houve diferença entre os pesos finais para os tratamentos T2 e T3, em relação ao tratamento T1. O tratamento T4 ocasionou redução de aproximadamente 10%; já o tratamento T5 foi o que ocasionou a maior redução do PF, com aproximadamente 32%. Em relação ao GP, a redução para os tratamentos com adição de torta de mamona foi maior quando comparado com o tratamento T1, variando aproximadamente 10% (T2) a 50% (T5), na medida em que aumentou a concentração de mamona na ração. O CF foi o parâmetro que sofreu menor variação entre os tratamentos. Já o GC apresentou a maior redução em relação ao T1, variando de 10% (T2) a 57% (T5).

Tabela 3 – Valores médios e desvio-padrão para os parâmetros peso final (PF), comprimento final (CF), ganho de peso (GP) e ganho de comprimento (GC)

Tratamento	% Torta de Mamona	PF (g)	CF (cm)	GP (g)	GC (cm)
T1	0	1,05 ± 0,08	3,41 ± 0,14	0,78 ± 0,09	1,26 ± 0,16
T2	7	1,05 ± 0,15	3,43 ± 0,26	0,70 ± 0,10	1,13 ± 0,24
T3	14	1,02 ± 0,09	3,34 ± 0,14	0,55 ± 0,09	0,82 ± 0,19
T4	21	0,94 ± 0,08	3,11 ± 0,14	0,42 ± 0,09	0,71 ± 0,16
T5	28	0,72 ± 0,06	2,88 ± 0,14	0,39 ± 0,03	0,54 ± 0,11

Os modelos de regressão linear foram significativos ($p < 0,05$) para todos os parâmetros estudados, com falta de ajuste não significativo ($p > 0,05$) (Tabela 4). As distribuições dos resíduos parecem distribuir-se aleatoriamente para os modelos testados (Figura 37), confirmando a adequação dos modelos para descrever o comportamento dos parâmetros PF, GP, CF E GC, em função da concentração de mamona na ração dentro da faixa estudada neste experimento (Figura 38).

Tabela 4 – Análise de variância para o ajuste, pelo método dos mínimos quadrados, dos modelos lineares para os parâmetros peso final (PF), ganho de peso (GP), comprimento final (CF) e ganho de comprimento (GC)

Modelo (PF)	GL	SQ	QM	F_{calculado}	p
Linear	1	0,3058	0,3058	24,6225	< 0,0001*
Resíduos da regressão	23	0,2856	0,0124		
Falta de ajuste	3	0,0899	0,0300	3,0620	< 0,0001*
Erro puro	20	0,1957	0,0098		
Modelo (GP)	GL	SQ	QM	F_{calculado}	p
Linear	1	0,5597	0,5597	80,1467	< 0,0001*
Resíduos da regressão	23	0,1606	0,0070		
Falta de ajuste	3	0,0203	0,0068	0,9642	0,4290 ^{ns}
Erro puro	20	0,1403	0,0070		
Modelo (CF)	GL	SQ	QM	F_{calculado}	p
Linear	1	0,9522	0,9522	29,5884	< 0,0001*
Resíduos da regressão	23	0,7402	0,0322		
Falta de ajuste	3	0,1631	0,0544	1,8842	0,1648 ^{ns}
Erro puro	20	0,5771	0,0289		
Modelo (GC)	GL	SQ	QM	F_{calculado}	p
Linear	1	1,7113	1,7113	60,3249	< 0,0001*
Resíduos da regressão	23	0,6524	0,0284		
Falta de ajuste	3	0,0423	0,0141	0,4625	0,7116 ^{ns}
Erro puro	20	0,6101	0,0305		

* Significativo ($p < 0,05$); e ^{ns} não significativo.

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; e QM = quadrados médios.

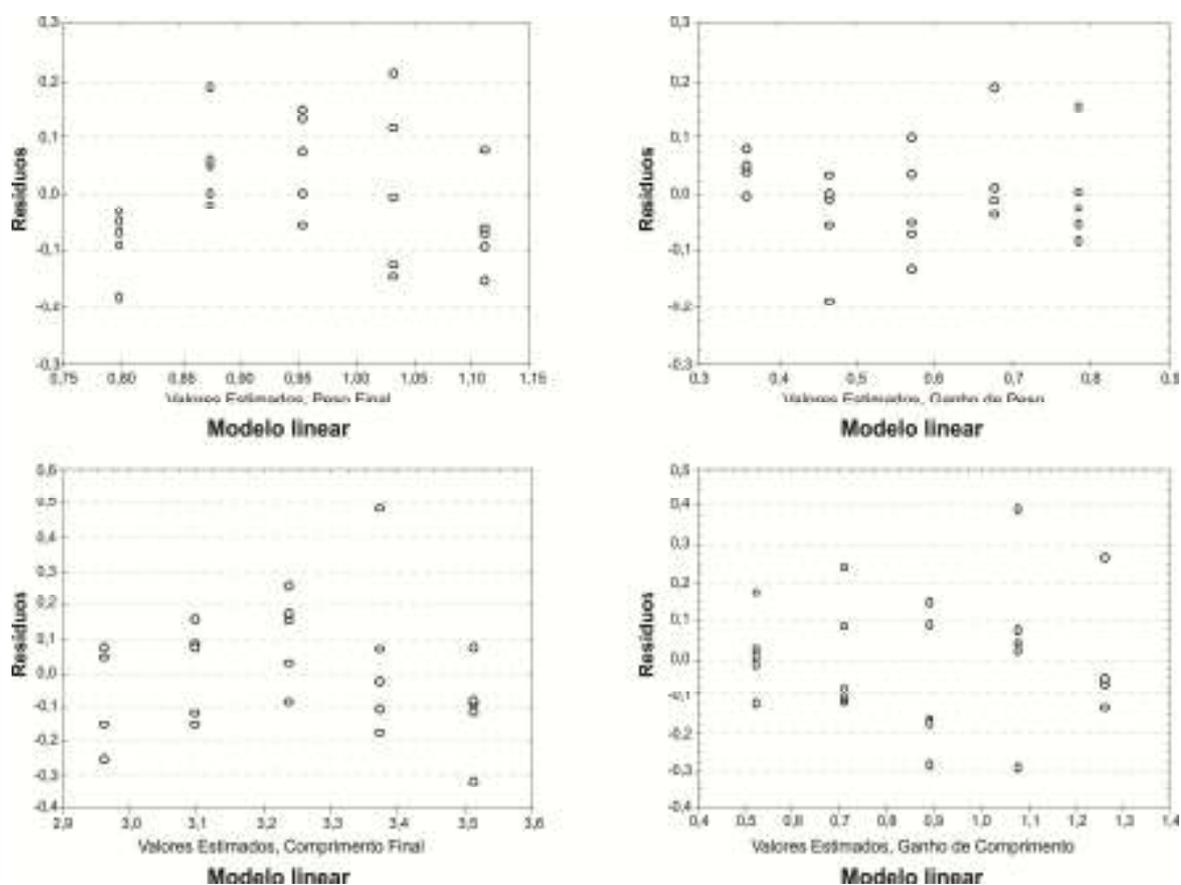


Figura 37 – Distribuição dos resíduos em função dos valores estimados pelos modelos lineares.

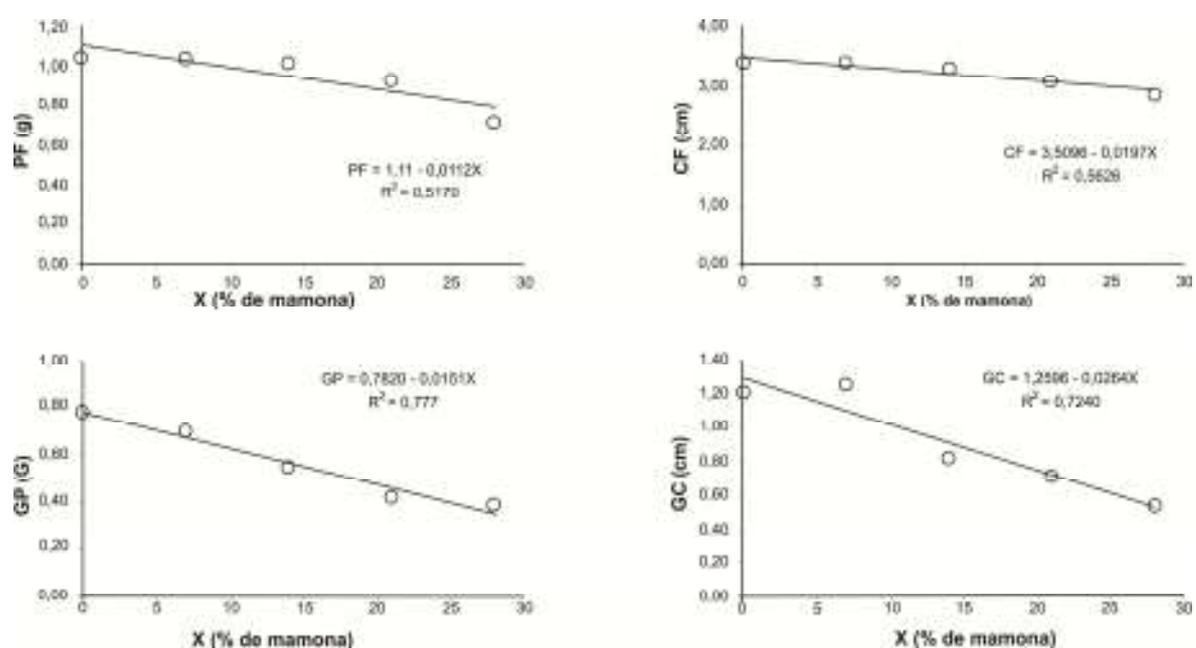


Figura 38 – Modelos lineares ajustados para os parâmetros PF, GP, CF e GC.

5.1.2 Experimentos 2 e 3

No Experimento 2, nas condições de cultivo de campo, em um período de 120 dias, do período de Inverno, as rações com torta de mamona destoxificada quimicamente proporcionaram menores ganhos de peso (Figura 39) e comprimento (Figura 40) que o que proporcionou a ração-controle (sem TMDQ), apesar de todos os tratamentos (com TMDQ e sem TMDQ) não terem proporcionado ganhos de peso e comprimento que atingissem os padrões comerciais, 8 a 12 cm e de 15 a 20 g, segundo Britsk (1972) e Porto-Foresti *et al.* (2005), conforme pode ser verificado nas Tabelas 5 e 6.

No experimento 3, nas mesmas condições de campo, em um período de 120 dias, a ração com 7% de TMDQ (T2) proporcionou desenvolvimento aos peixes similar ao desenvolvimento daqueles alimentados com ração sem TMDQ (T1), sendo que nos dois tratamentos T1 = 0% TMDQ e T2 = 7% TMDQ, os peixes tiveram ganhos de peso e de comprimento bem próximos do padrão comercial, conforme demonstrado nas Figuras 41 e 42 e nas Tabelas 7 e 8.

5.1.3 Composição das rações utilizadas no experimento

Os ingredientes utilizados na ração-controle foram: farinha de soja, milho, farelo de trigo, farinha de peixe, Premix e óleo de soja. Os componentes das rações com 7, 14 e 21% de torta de mamona destoxificada quimicamente tiveram uma pequena alteração nos percentuais de farinha de soja e de farelo de trigo, em função da substituição pela TMDQ. A análise bromatológica apresentada na Tabela 2, em Material e Métodos, demonstra os teores de proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo por hidrólise ácida, umidade e voláteis, matéria mineral, cálcio e fósforo total.

5.1.4 Viabilidade econômica e sustentável da utilização das rações com TMDQ

Como forma de comprovar a viabilidade econômica da utilização da TMDQ como componente da ração para o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*), foi feita uma simulação dos custos obtidos a partir da utilização da ração-controle (0% de TMDQ) e das rações com percentuais de torta de mamona destoxificada quimicamente iguais a 7, 14 e 21%. A Tabela 9 apresenta uma

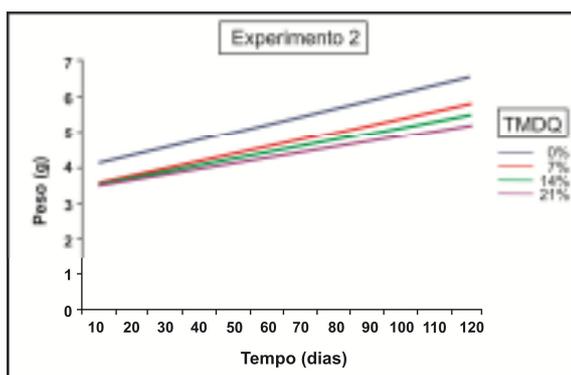


Figura 39 – Ganho de peso (g) aos 120 dias. Experimento 2.

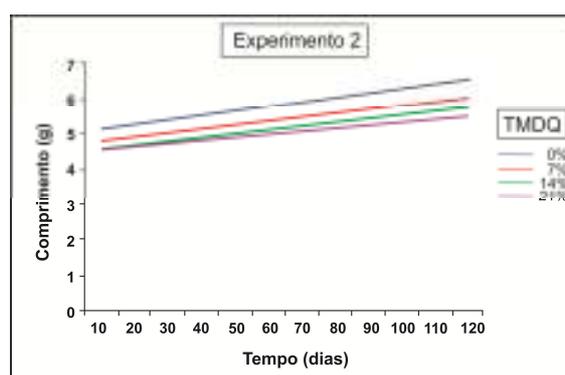


Figura 40 – Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias – Experimento 2.

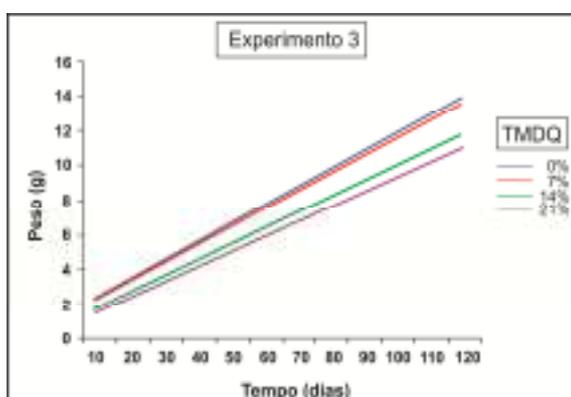


Figura 41 – Ganho de peso (g) aos 120 dias – Experimento 3.

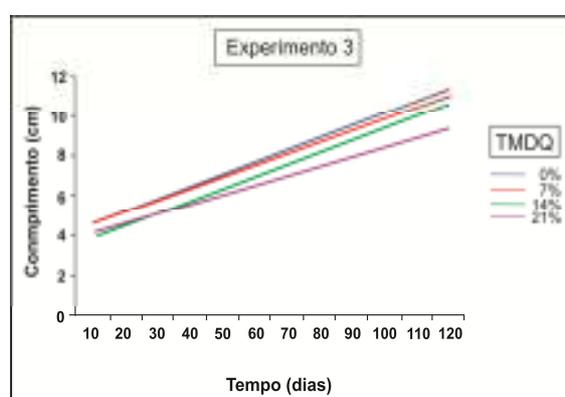


Figura 42 – Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias – Experimento 3.

Tabela 5 – Valores médios de ganho de peso (g) aos 120 dias do Experimento 2, para lambari em sistema semi-intensivo

Dose de Torta de Mamona				
Tempo	0%	7%	14%	21%
10	4,14	3,56	3,54	3,54
20	4,36	3,77	3,72	3,69
30	4,58	3,97	3,90	3,85
40	4,80	4,17	4,08	4,00
50	5,02	4,38	4,26	4,15
60	5,23	4,58	4,44	4,31
70	5,45	4,78	4,61	4,46
80	5,67	4,99	4,79	4,61
90	5,89	5,19	4,97	4,77
100	6,11	5,39	5,15	4,92
110	6,33	5,60	5,33	5,07
120	6,55	5,80	5,51	5,23

Tabela 6 – Valores médios de ganho de comprimento (cm) aos 120 dias do Experimento 2, para lambari em sistema semi-intensivo

Dose de Torta de Mamona				
Tempo	0%	7%	14%	21%
10	5,13	4,77	4,65	4,53
20	5,26	4,88	4,75	4,62
30	5,39	4,99	4,85	4,71
40	5,52	5,10	4,95	4,80
50	5,65	5,21	5,04	4,89
60	5,77	5,32	5,14	4,98
70	5,90	5,43	5,24	5,07
80	6,03	5,54	5,34	5,16
90	6,16	5,65	5,44	5,25
100	6,29	5,77	5,54	5,34
110	6,42	5,88	5,64	5,43
120	6,55	5,99	5,73	5,52

Tabela 7 – Valores médios de Ganho de peso (g) aos 120 dias do Experimento 3, para lambari em sistema semi-intensivo

Dose de Torta de Mamona				
Tempo	0%	7%	14%	21%
10	2,15	2,11	1,51	1,33
20	3,25	3,15	2,46	2,22
30	4,34	4,23	3,40	3,12
40	5,44	5,29	4,35	4,02
50	6,53	6,35	5,30	4,91
60	7,63	7,41	6,25	5,81
70	8,72	8,47	7,19	6,70
80	9,81	9,53	8,14	7,60
90	10,91	10,60	9,09	8,49
100	12,00	11,66	10,04	9,39
110	13,00	12,72	10,96	10,28
120	14,19	13,78	11,93	11,18

Tabela 8 – Valores médios de Ganho de comprimento (cm) aos 120 dias do Experimento 3, para lambari em sistema semi-intensivo

Tempo	Dose de Torta de Mamona			
	0%	7%	14%	21%
10	4,62	4,59	3,91	4,14
20	5,23	5,17	4,51	4,61
30	5,84	5,76	5,11	5,08
40	6,45	6,35	5,72	5,55
50	7,06	6,93	6,32	6,03
60	7,66	7,52	6,92	6,50
70	8,27	8,10	7,53	6,97
80	8,88	8,69	8,13	7,44
90	9,49	9,28	8,73	7,91
100	10,09	9,86	9,34	8,38
110	10,70	10,45	9,94	8,85
120	11,31	11,04	10,54	9,32

Tabela 9 – Comparação dos preços de custo da ração-controle e das rações compostas por torta de mamona destoxicada quimicamente nos três períodos amostrados

Tratamento (%)	Amostra 1 (kg/ração)	Amostra 2 (kg/ração)	Amostra 3 (kg/ração)
	----- R\$ -----		
0	1,32	1,45	1,32
7	1,32	1,40	1,26
14	1,30	1,35	1,20
21	1,29	1,31	1,15

análise comparativa dos preços de custo da ração-controle e das rações compostas por torta de mamona em três períodos distintos. Os períodos de coleta dos preços dos componentes de cada ração foram: amostra 1, 31/8/2011; amostra 2, 3/9/2012; e amostra 3, 5/10/2012. Os preços foram coletados em uma grande distribuidora de rações para alimentação animal no mercado nacional, a Nutriave, situada no município de Viana, ES, e em uma empresa de produção de óleo e de torta de mamona – Bioóleo Industrial e Comercial S.A., situada no município de Feira de Santana, BA. Observou-se que as rações compostas por TMDQ apresentaram diminuição de preço ao longo do período pesquisado. A

ração-controle, embora tenha apresentado incremento de preço, fechou no último período com preço estável. A variação de preço das rações com TMDQ foi menor que da ração-controle; isto ocorreu devido, provavelmente, ao fato de o farelo de trigo e a farinha de soja serem produtos *commodities*, cujos preços são sensíveis à oferta/demanda do mercado internacional.

O aumento da oferta da torta de mamona no mercado mundial devido ao aumento dos incentivos para produção do biodiesel, e o destaque da mamona na economia, em virtude da ampla variedade de produtos que fornece, justificam a diminuição dos preços da ração composta por essa oleaginosa. Esses produtos são o óleo ricinoleico e outros derivados, como óleo solúvel (considerado pela indústria de melhor qualidade, classificado como tipo 1), lubrificante, desengraxante, detergente, plasticizante, nylon, poliuretano, produtos para a indústria cosmética e muitos outros. A crescente demanda por esses produtos nos mercados nacional e internacional mostra tendência de crescente produção de biomassa residual, a torta de mamona (BORÉM; SAVY FILHO, 1999).

Com relação à diminuição dos preços da ração composta por torta de mamona, a justificativa está diretamente ligada ao aumento da oferta da torta de mamona no mercado mundial, em virtude do aumento dos incentivos para a produção do biodiesel. Entretanto, a produção brasileira ainda é pequena em relação à produção mundial, de forma que o preço da mamona comercializada no Brasil está atrelado ao preço internacional do óleo e, por sua vez, à taxa de câmbio. Atualmente, a cotação de referência é feita em Irecê, Bahia, que é a principal região produtora de mamona no Brasil. Apenas eventos como limitações logísticas para armazenamento, comercialização e transporte, ou repentino aumento na demanda para produção de biodiesel podem interferir no preço interno da mamona. Se a produção e o consumo de óleo de mamona forem ampliados, principalmente em função do biodiesel, a importância do Brasil na formação internacional dos preços pode ser ampliada (EMBRAPA ALGODÃO, 2006).

Diante dos atuais incentivos para produção de biodiesel e seus derivados, espera-se que a produção de mamona no Brasil continue se expandindo. Com o aumento da oferta de mamona no mercado nacional esse produto obterá importância significativa na diminuição de custos no processo de fabricação de rações, considerando o aumento da disponibilidade da torta de mamona, um substituto potencial de ingredientes para ração animal.

Além das vantagens referentes à diminuição de custos, a utilização da torta de mamona está diretamente ligada ao quesito sustentabilidade. Torta de mamona é coproduto da produção de biodiesel e derivados e as destinações alternativas aos resíduos propiciam diminuição do impacto dessa biomassa residual.

5.2 Parâmetros limnológicos

5.2.1 Parâmetros da água do Experimento 2

Parâmetros da água do Experimento 2 (inverno) foram monitorados durante o período de 24 de abril a 18 de agosto de 2011.

Nas condições ambientais em que os peixes foram mantidos no período do Experimento 2, os níveis de temperatura nos quatro tratamentos ficaram abaixo do recomendado para essa espécie, conforme pode ser visto nas Tabelas 10, 11, 12 e 13. A faixa de amplitude térmica considerada ideal está entre 25 e 28 °C (PORTO-FORESTI, 2005; VIDAL JR., 2012). Esse parâmetro teve influência negativa no crescimento dos lambaris. O peso (Tabela 7) e o comprimento (Tabela 8) ficaram abaixo do recomendável.

As características de qualidade da água dos tratamentos nos parâmetros de pH, oxigênio e transparência, permaneceram sob níveis recomendáveis, conforme Tabelas 10, 11, 12 e 13. Os níveis considerados ideais para essa espécie são: pH de 6,5 a 8,0; oxigênio igual ou acima de 4 mg/L; e transparência de 30 a 40 cm (PORTO-FORESTI, 2005; VIDAL JR., 2012).

5.2.2 Amônia no período do Experimento 2

No período de 20 de abril a 18 de agosto de 2011, os valores de amônia total foram aferidos uma vez por semana, como está demonstrado na Tabela 14. Os valores da taxa de amônia total nos tratamentos ocorreram da seguinte forma: controle, variou de 0,01 a 0,38 mg/L; 7% TMDQ, de 0,02 a 0,35 mg/L; 14% TMDQ, de 0,03 a 0,40 mg/L; e 21% TMDQ, de 0,05 a 0,44 mg/L. O controle dos níveis de amônia total ocorreu através de trocas de água na unidade experimental. Não ocorreu mortalidade, em função de os níveis de amônia total,

Tabela 10 – Tratamento-controle (T1) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês)

Mês	Temp. (°C)			pH			OD mg/L			Tranp. (cm)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30
Abril	23,10	23,50	24,30	7,06	7,18	7,38	4,74	4,88	4,96	38	38	37
Mai	20,00	21,70	22,30	6,91	7,14	7,23	4,95	5,30	5,41	29	28	29
Junho	18,50	20,00	20,40	7,23	7,38	7,51	5,74	6,23	6,19	28	28	28
Julho	17,50	20,00	20,70	6,84	6,95	7,05	6,28	6,79	6,97	36	36	36
Agosto	18,90	19,90	19,90	6,16	6,27	6,39	5,69	5,73	6,11	39	39	39

Tabela 11 – Tratamento com 7% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T2) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês)

Mês	Temp. (°C)			pH			OD mg/L			Tranp. (cm)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30
Abril	23,20	23,90	24,80	7,31	7,25	7,32	4,80	4,81	4,94	39	39	40
Mai	20,00	21,90	22,40	7,08	7,29	7,35	5,05	5,38	5,54	37	37	37
Junho	18,66	19,90	20,38	7,19	7,33	7,39	5,84	6,08	6,51	41	41	41
Julho	17,54	19,97	20,69	6,60	6,78	6,89	5,43	6,33	6,63	44	44	44
Agosto	18,95	19,84	20,22	6,15	6,30	6,44	5,79	5,82	6,09	39	39	39

Tabela 12 – Tratamento com 14% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T3) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês)

Mês	Temp. (°C)			pH			OD mg/L			Tranp. (cm)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30
Abril	22,45	23,11	23,91	7,21	7,27	7,37	4,38	4,90	4,95	38	37	37
Mai	20,00	21,50	22,10	6,86	7,16	7,15	5,19	5,39	5,49	33	32	32
Junho	18,80	19,90	20,30	7,24	7,42	7,62	5,91	6,25	6,51	35	35	35
Julho	17,40	19,90	20,70	6,43	6,90	6,98	5,52	6,23	6,46	36	36	36
Agosto	19,00	19,80	20,10	6,10	6,25	6,42	5,43	5,64	5,85	39	39	39

Tabela 13 – Tratamento com 21% de torta de mamona destoxificada quimicamente (T4) (Experimento 2), realizado no período de abril a agosto de 2011. Parâmetros referentes à água (média/mês)

Mês	Temp. (°C)			pH			OD mg/L			Tranp.(cm)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30
Abril	23,36	23,79	24,50	7,23	7,32	7,56	4,77	4,88	4,94	37	38	38
Mai	20,30	22,20	22,90	7,11	7,30	7,30	5,08	5,30	5,42	40	40	40
Junho	18,60	20,00	20,60	7,04	7,31	7,49	5,90	6,18	6,43	40	41	41
Julho	17,39	19,81	20,60	6,27	6,57	6,77	5,67	6,45	6,56	39	39	39
Agosto	18,90	19,80	20,10	6,14	6,23	6,32	5,43	5,71	5,71	40	40	40

Tabela 14 – Experimento 2 (tratamentos), realizado no período de 20 de abril a 18 de agosto 2011. Espécie *Astyanax bimacutus*. Valores de amônia (mg/L) (NH₃)

Número	Semana/Mês/Ano	T1	T2	T3	T4
1	1 ^a semana/abril	0,01	0,02	0,03	0,05
2	2 ^a semana/abril	0,07	0,10	0,09	0,12
3	3 ^a semana/abril	0,10	0,13	0,13	0,15
4	4 ^a semana/abril	0,15	0,18	0,17	0,21
5	1 ^a semana/maio	0,17	0,20	0,18	0,22
6	2 ^a semana/maio	0,23	0,25	0,22	0,25
7	3 ^a semana/maio	0,15	0,16	0,14	0,17
8	4 ^a semana/maio	0,13	0,10	0,12	0,15
9	1 ^a semana/junho	0,33	0,29	0,32	0,27
10	2 ^a semana/junho	0,28	0,27	0,33	0,31
11	3 ^a semana/junho	0,27	0,25	0,37	0,35
12	4 ^a semana/junho	0,25	0,27	0,40	0,44
13	1 ^a semana/julho	0,33	0,29	0,31	0,30
14	2 ^a semana/julho	0,28	0,27	0,28	0,25
15	3 ^a semana/julho	0,27	0,25	0,23	0,24
16	4 ^a semana/julho	0,25	0,23	0,21	0,18
17	1 ^a semana/agosto	0,34	0,30	0,36	0,29
18	2 ^a semana/ agosto	0,38	0,32	0,31	0,27
10	3 ^a semana/ agosto	0,33	0,35	0,29	0,25
20	4 ^a semana/ agosto	0,27	0,31	0,28	0,26

nos quatro tratamentos, permanecerem abaixo de 1 mg/L. Os valores de amônia não ionizada considerados ideais para essa espécie não devem ultrapassar a quantidade de 1 mg/L (PORTO-FORESTI, 2005; VIDAL JR., 2012).

5.2.3 Parâmetros da água do Experimento 3

Os parâmetros da água do Experimento 3 (verão) foram monitorados durante o período de 14 de dezembro de 2011 a 13 de abril de 2012.

Nas condições ambientais em que os lambaris foram mantidos no Experimento 3, os parâmetros de qualidade da água permaneceram sob o recomendável, conforme demonstrado nas Tabelas 15, 16, 17 e 18. De forma diferente do Experimento 2, os peixes dos quatro tratamentos do Experimento 3 atingiram um bom desenvolvimento, muito próximo do ideal recomendável, conforme demonstrado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 15 – Experimento 3: tratamento-controle realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012). Parâmetros referentes à água (média/mês)

T1 Data	Temperatura			pH			Oxigênio (mg/L)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	08h30	12h30	16h30
Dez./11	23,50	24,40	25,30	7,51	7,66	7,83	5,13	5,20	5,38
Jan./12	23,50	25,30	26,30	7,44	7,62	7,72	4,83	5,23	5,45
Fev.	24,50	26,5	28,30	7,23	7,34	7,39	5,17	5,34	5,53
Março	24,80	26,60	28,80	7,18	7,45	7,60	5,97	6,17	6,44
Abril	25,20	26,50	29,60	7,10	7,30	7,59	6,19	6,34	6,59

Tabela 16 – Experimento 3: tratamento com 7% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água (média/mês)

T2 Data	Temperatura			pH			Oxigênio (mg/L)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	08h30	12h30	16h30
Dez./11	23,60	24,60	25,20	7,55	7,66	7,72	5,25	5,39	5,56
Jan./12	23,60	25,20	26,30	7,47	7,57	7,59	5,34	5,58	5,73
Fev.	24,51	26,49	28,32	7,23	7,32	7,34	5,15	5,30	5,47
Março	25,08	26,85	28,94	7,20	7,44	7,65	6,11	6,27	6,60
Abril	25,49	26,78	29,98	7,24	7,25	7,66	6,44	6,62	6,63

Tabela 17 – Experimento 3: tratamento com 14% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água (média/mês)

T3 Data	Temperatura			pH			Oxigênio (mg/L)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	08h30	12h30	16h30
Dez./11	23,40	24,30	25,40	7,50	7,63	7,65	5,04	5,28	5,65
Jan./12	23,50	25,40	26,40	7,45	7,59	7,69	4,78	5,19	5,46
Fev.	24,51	26,48	28,21	7,25	7,34	7,43	5,17	5,28	5,37
Março	25,30	27,00	29,00	7,15	7,36	7,53	6,16	6,30	6,51
Abril	25,80	27,00	29,90	7,29	7,41	7,60	6,62	6,60	6,67

Tabela 18 – Experimento 3: tratamento com 21% TMDQ, realizado no período de dezembro de 2011 a abril de 2012. Parâmetros referentes à água/média/mês

T4 Data	Temperatura °C			pH			Oxigênio (mg/L)		
	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30	8h30	12h30	16h30
Dez./11	23,58	24,55	25,40	7,27	7,26	7,67	4,81	5,08	5,29
Jan.12	23,80	25,50	26,60	7,39	7,57	7,67	4,80	5,28	5,52
Fev.	24,53	26,58	28,30	7,20	7,29	7,38	5,14	5,26	5,34
Março	25,15	26,90	29,00	7,23	7,45	7,67	6,21	6,33	6,65
Abril	25,60	26,90	29,70	7,24	7,39	7,73	6,65	6,70	6,69

5.2.4 Valores da amônia no período do Experimento 3

No período de 14 de dezembro de 2011 a 13 de abril de 2012 os valores da amônia total foram aferidos pelo equipamento HI 95715, digital, de campo, da marca HANNA, uma vez por semana, como demonstrado na Tabela 19. Os valores da taxa de amônia total nos tratamentos ocorreram da seguinte forma: controle, variou de 0,02 a 0,22 mg/L ; 7% TMDQ, variou de 0,01 a 0,27 mg/L; 14% TMDQ, variou de 0,02 a 0,29 mg/L; e 21% TMDQ, variou de 0,03 a 0,31 mg/L. Os níveis de amônia total do Experimento 3 tiveram índices menores do que os do Experimento 2. Esse fato ocorreu em função de uma maior troca de água nas unidades experimentais. Não ocorreu mortalidade em função dos níveis de amônia nos quatro tratamentos.

Tabela 19 – Experimento 3: realizado no período de dezembro de 2011 a abril 2012. Espécie: *Astyanax bimacutus*. Valores de amônia total (mg/L)

Número	Semana/Mês/Ano	0%	7%	14%	21%
1	1 ^a semana/dezembro	0,02	0,04	0,02	0,05
2	2 ^a semana/ dezembro	0,07	0,03	0,05	0,11
3	3 ^a semana/ dezembro	0,15	0,07	0,10	0,09
4	4 ^a semana/ dezembro	0,19	0,10	0,21	0,15
5	1 ^a semana/janeiro	0,11	0,15	0,23	0,17
6	2 ^a semana/ janeiro	0,22	0,23	0,09	0,25
7	3 ^a semana/ janeiro	0,13	0,17	0,19	0,12
8	4 ^a semana/ janeiro	0,08	0,27	0,29	0,29
9	1 ^a semana/fevereiro	0,10	0,16	0,22	0,31
10	2 ^a semana/ fevereiro	0,12	0,10	0,15	0,18
11	3 ^a semana/ fevereiro	0,02	0,03	0,06	0,08
12	4 ^a semana/ fevereiro	0,04	0,06	0,04	0,14
13	1 ^a semana/março	0,03	0,05	0,03	0,05
14	2 ^a semana/março	0,05	0,04	0,05	0,07
15	3 ^a semana/março	0,04	0,02	0,04	0,05
16	4 ^a semana/março	0,03	0,06	0,05	0,06
17	1 ^a semana/abril	0,02	0,02	0,06	0,03
18	2 ^a semana/abril	0,03	0,03	0,07	0,04
10	3 ^a semana/abril	0,04	0,04	0,03	0,03
20	4 ^a semana/abril	0,02	0,01	0,03	0,04

5.3 Avaliações do crescimento dos peixes

5.3.1 Parâmetros zootécnicos

Os parâmetros zootécnicos referentes ao peso médio e comprimento médio dos lambaris do Experimento 2 estão demonstrados nas Tabelas 11 e 12 deste trabalho. Foi analisada ainda a taxa de mortalidade. As biometrias ocorreram em intervalos de dez em dez dias, no período de 20 de abril a 18 de agosto de 2011.

Os mesmos parâmetros zootécnicos do peso médio e comprimento do Experimento 3 estão demonstrados nas Tabelas 13 e 14 deste trabalho. As biometrias ocorreram em intervalos de dez em dez dias, no período de 14 de dezembro 2011 a 13 de abril 2012.

Foi observado no Experimento 3 que à medida que ocorria aumento do percentual de torta de mamona destoxificada quimicamente na ração do *Astianax bimaculatus*, ocorria uma pequena diminuição do peso e comprimento. Ressalta-se que esse fator ocorreu de forma semelhante no Experimento 2.

Os parâmetros zootécnicos no Experimento 3 ficaram próximos do padrão comercial, em função da temperatura, que se manteve dentro do conforto térmico dessa espécie. Os dados demonstram que, com a utilização da torta de mamona destoxificada, os peixes tiveram um bom desenvolvimento e uma boa aceitação da ração. Demonstraram ainda que o tratamento com 7% de torta de mamona destoxificada, estatisticamente, não apresentou diferença em relação à ração-controle, ocasionando o melhor desenvolvimento do lambari.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gadelha *et al.* (1973) na substituição do farelo de soja pela torta de mamona destoxificada em rações para pintos. Com a substituição parcial de concentrado proteico comercial pelo farelo de mamona desintoxicado, eles constataram que com a substituição de até 8%, o ganho de peso e a conversão alimentar foram melhores do que o do grupo-controle.

O farelo de TMDQ apresentou potencial para utilização na alimentação de ovinos em terminação. A substituição do farelo de soja pode ser de 46%, sem prejuízo à conversão alimentar (CÂNDIDO *et al.*, 2008a).

Poucos são os relatos na literatura sobre o uso do farelo de mamona para alimentação de não ruminantes.

Assis *et al.* (1962) realizou pesquisas substituindo parcialmente a torta de algodão por torta de mamona destoxificada em ração para vacas leiteiras. O período do experimento foi de 84 dias. O autor concluiu que não ocorreu diferença na produção de leite entre as vacas alimentadas com a ração-controle (100% algodão) e as vacas alimentadas com a ração contendo 80% de algodão + 20% de torta de mamona destoxificada quimicamente. Não houve quaisquer alterações na saúde dos animais, destacando o aspecto favorável no que diz respeito à possibilidade de substituição.

Naufel *et al.* (1962) afirmaram que a torta de mamona destoxificada pode ser usada na alimentação para animais em substituição ao farelo de algodão e de soja, em especial na alimentação de bovinos, podendo ser usada até para pintos com até 12 dias de idade, no limite de 15% na ração.

A torta de mamona destoxificada pode ser usada plenamente na alimentação de animais ruminantes e alguns monogástricos, obtendo-se bons resultados. Entretanto, na composição das rações balanceadas devem ser realizados ajustes dos nutrientes (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2009).

Beltrão e Oliveira (2009) mencionam que com o aumento da produção de biodiesel a partir do óleo de mamona haverá um grande volume de resíduos e coprodutos da prensagem das sementes. Existe a necessidade de se realizar mais pesquisas com esses coprodutos agroindustriais do biodiesel para melhores esclarecimentos quanto à digestibilidade das rações, aos níveis de inclusão na dieta e no desempenho dos animais.

Quanto à taxa de mortalidade, observou-se que:

- inicialmente, os viveiros do Experimento 2 foram povoados com 300 alevinos por tratamento. No final dos 120 dias ocorreu a despesca total, utilizando-se uma rede de malha 8,0 mm de diâmetro, 15,0 m de comprimento linear e 2,0 m de altura. No tratamento-controle foram despescados 279 peixes; no tratamento com 7% TMDQ foram retirados 285 peixes; no tratamento com 14% TMDQ foram retirados 282 peixes; e, no tratamento com 21% TMDQ foram retirados 276 peixes;

- a taxa de sobrevivência observada no período do Experimento 2 foi 93, 95, 94 e 92%, respectivamente para os tratamentos 0, 7, 14 e 21% TMDQ. Dessa forma, a taxa de mortalidade variou de 5 a 8% nos tratamentos, ficando, portanto, dentro dos padrões de normalidade; e

- no período do Experimento 3 as taxas de mortalidades de todos os tratamentos ficaram abaixo de 5%, resultado este considerado dentro dos padrões de normalidade.

5.3.2 Avaliação das enzimas hepáticas

Foram coletadas amostras de sangue dos exemplares do *Astyanax bimaculatus* do grupo-controle e dos grupos dos três tratamentos em que os peixes foram alimentados com torta de mamona destoxificada quimicamente no final do Experimento 3 (120 dias), para análises das funções hepáticas, por meio da dosagem das enzimas transaminase glutâmica oxalacética (TGO) e transaminase glutâmica pirúvica (TGP) no soro.

Como pode ser observado na Tabela 20, o resultado do tratamento-controle (sem torta de mamona) e os resultados dos tratamentos com torta de mamona destoxificada quimicamente estão próximos, demonstrando que os índices apresentados estão dentro da normalidade para essa espécie.

Tabela 20 – Determinação da atividade de enzimas séricas

Tratamentos	TGO (UI)	TGP(UI)
Controle	227	130
7% TMDQ	274	209
14% TMDQ	350	297
21% TMDQ	402	148

Oliveira *et al.* (2007), avaliando indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona destoxificada, verificaram que essa espécie também não apresentou níveis alterados das enzimas hepáticas.

O uso de torta de mamona destoxificada em dietas para cabras durante a gestação não comprometeu o desenvolvimento fetal, assim como o nível de TGO (aspartato aminotransferase) se manteve dentro de padrões normais (OLIVEIRA, 2010).

Oliveira (2008) testou a eficiência da utilização de nutrientes e as funções hepáticas de ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratados com hidróxido de cálcio na dose de 40 g/kg, observando que os animais não apresentaram sintomas clínicos de intoxicação por ricina e os níveis séricos de enzimas relacionadas com funções hepáticas não alteraram, ficando dentro do padrão normal da espécie.

Segundo Menezes (2012), não foram observadas alterações nas concentrações das enzimas transaminase glutâmica oxalacética (TGO) e transaminase glutâmica pirúvica (TGP) com a substituição parcial do farelo de soja pelo farelo de mamona na alimentação de ovinos. Os valores médios observados foram de 127,4 UI para TGO e 160,9 UI para TGP.

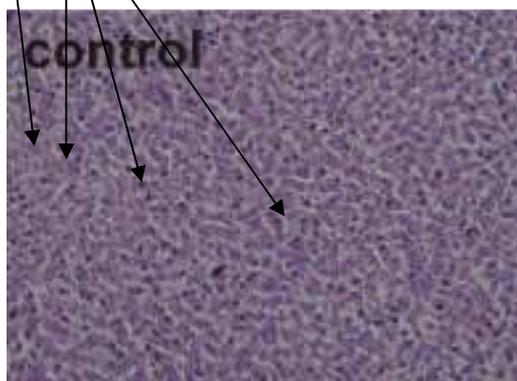
5.3.3 Avaliação histológica do fígado e intestino do *Astyanax bimaculatus*

As análises histológicas do fígado e intestino do lambari dos tratamentos com 0% TMDQ, 7% TMDQ, 14% TMDQ e 21% TMDQ foram realizadas no laboratório de Biologia Celular e Tecidual (LBCT) da UENF. A organização estrutural do tecido hepático do *Astyanax bimaculatus* observada por microscopia ótica (0% TMDQ, 7% TMDQ, 14% TMDQ e 21% TMDQ) apresentou normalidade.

Observou-se que o tecido do fígado de *A. bimaculatus* demonstrou normalidade em todos os tratamentos com adição de TDQM quando comparado com o tratamento-controle. Ocorreu organização estrutural bem definida em relação ao tecido hepático e núcleo do hepatócito, não sendo observados congestão vascular, infiltrado leucocitário, vacuolização, deslocação de núcleo, necrose ou desarranjo da estrutura hepática.

Ainda não foram observadas modificações anormais nos tecidos do fígado e intestino do lambari, conforme Figuras 43, 44, 45 e 46. O fígado dos peixes teleósteos apresenta considerável volume em relação ao corpo e executa funções indispensáveis para o bem-estar do animal: realiza importante papel no metabolismo de proteínas, lipídeos e carboidratos; serve como sítio de armazenamento para muitos nutrientes, como a glicose; e desintoxica o organismo (KUMAR; ANSARI, 1986).

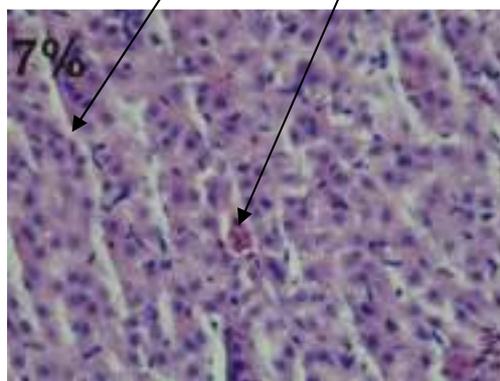
Núcleo do hepatócito
Homogeneidade da distribuição dos hepatócitos



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

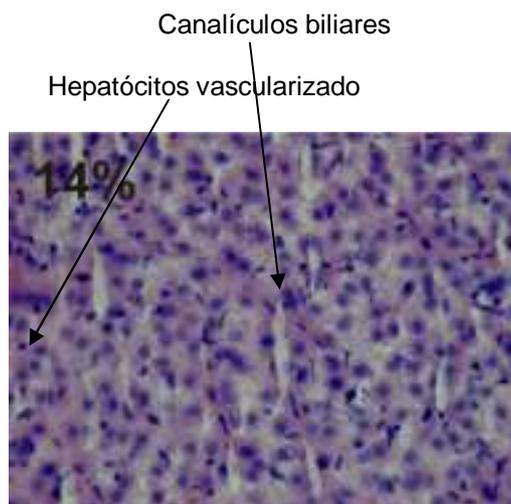
Figura 43 – Tecido hepático do lambari do tratamento-controle (20X).

Canalículos biliares
Célula de Golgi



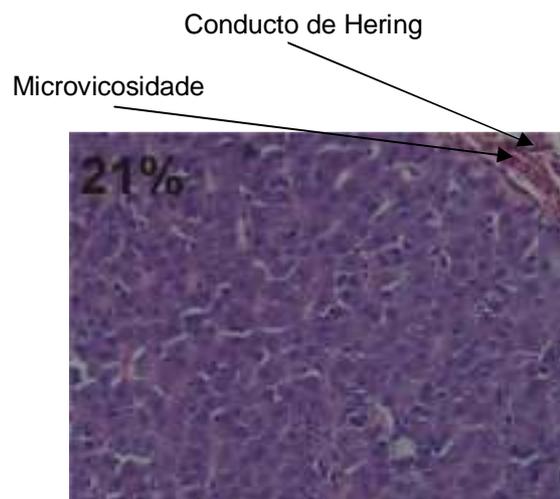
Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

Figura 44 – Tecido hepático do lambari do tratamento com 7% TMDQ (20X).



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

Figura 45 – Tecido hepático do lambari do tratamento com 14% TMDQ (20X).



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

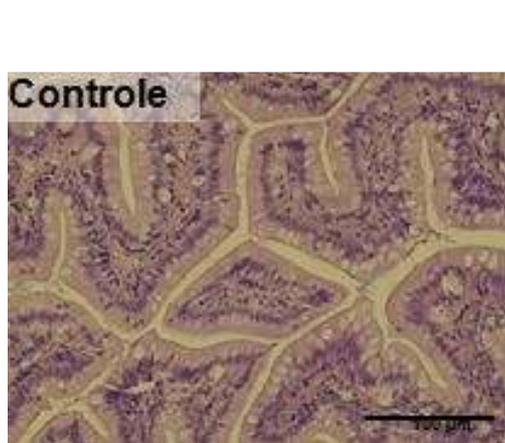
Figura 46 – Tecido hepático do lambari do tratamento com 21% TMDQ (20X).

O fígado é um órgão-chave quando se considera a ação dos poluentes sobre o peixe. É o primeiro órgão na biotransformação dos xenobióticos que se acumulam no organismo, de modo que as células hepáticas ficam expostas em nível elevado de agentes químicos que podem estar presentes no ambiente ou em outros órgãos do peixe (HEATH, 1995). Em virtude de sua função no metabolismo de xenobióticos e a sua sensibilidade a poluentes ambientais, o fígado tem recebido atenção especial em estudos toxicológicos relacionados à contaminação de diferentes espécies de peixes por agentes químicos orgânicos e inorgânicos. Podem, portanto, ser utilizados como biomarcadores de contaminação aquática (HILNTON *et al.*, 1992). Na presença de poluentes, o fígado pode desenvolver alterações histológicas nos hepatócitos, que podem ser usados para monitoramento de efeitos de contaminantes. A poluição da água e de alimentos é capaz de induzir a alterações histológicas no fígado, as quais podem causar disfunções metabólicas em peixes (GUL *et al.*, 2004).

Oliveira *et al.* (2007), avaliando o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e os indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona destoxificada, verificaram que essas dietas não causaram problemas de intoxicação e de lesão hepática nessa espécie, e que os procedimentos de destoxificação com óxido de cálcio se mostraram operacionalmente simples e com potencial de viabilidade econômica para agricultores.

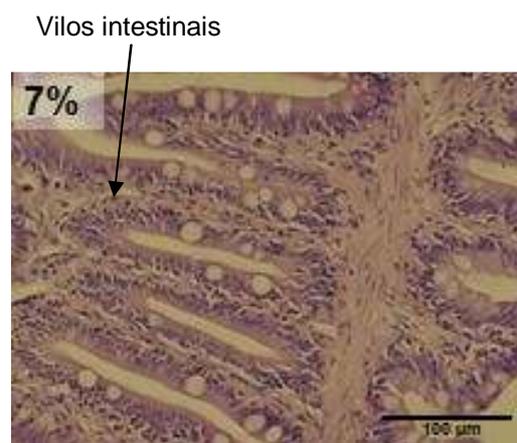
Em 1979 foi realizada uma série de estudos na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, quando foi avaliado o efeito da torta de mamona destoxificada sobre o desempenho, os valores hematológicos, a proteinograma, a atividade de algumas enzimas e as alterações histológicas do fígado de suíno. O farelo de soja foi substituído pela torta de mamona em três níveis (33, 66 e 99%). Foi constatado que a substituição do farelo de soja por torta de mamona destoxificada piorou o desempenho dos suínos, causando danos ao fígado e anemia. Porém esses sintomas foram causados pela deficiência de alguns aminoácidos essenciais e não por resíduo de efeito tóxico de ricina. A complementação da dieta com os aminoácidos lisina e triptofano proporcionou desenvolvimento dentro da normalidade (SOUZA, 1979).

A análise histológica do intestino dos lambaris (tratamentos com 0% de TMDQ, 7% de TMDQ, 14% de TMDQ e 21% de TMDQ) demonstrou normalidade. A mucosa, constituída por epitélio cilíndrico simples, apresentou bordas sem alterações morfológicas, mostrando-se preservada. O tecido conjuntivo apresentou um aspecto frouxo, uma musculatura tênue e a camada muscular bem desenvolvida. Dessa forma, a organização estrutural do intestino do peixe apresentou normalidade, conforme pode ser observados nas Figuras 47, 48, 49 e 50.



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

Figura 47 – Tecido do intestino do lambari do tratamento-controle (20X).



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

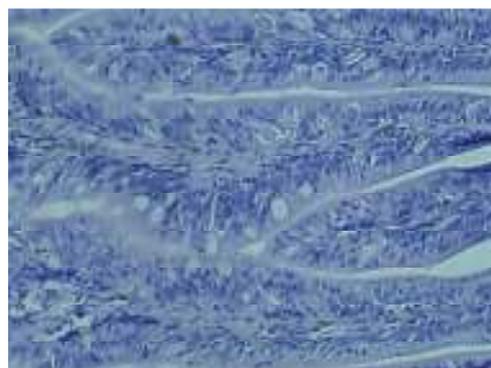
Figura 48 – Tecido do intestino do lambari do tratamento com 7% TMDQ (20X).

Criptas de Lieberkuhn



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

Figura 49 – Tecido do intestino do lambari do tratamento com 14% TMDQ (20X).



Fonte: Edésio José Tenório de Melo.

Figura 50 – Tecido do intestino do lambari do tratamento com 21% TMDQ (20X).

5.4 Investigação da presença de componentes tóxicos residuais nas águas de descarte

5.4.1 Presença de ricina na água residuária

Após os procedimentos para análise, conforme descrito em Material e Métodos, não foi constatada a presença de ricina em nenhuma das amostras de água, indicando que é seguro cultivar os peixes sem risco de contaminação dos animais e do meio ambiente. A proteína incluída na alimentação dos lambaris foi absorvida ou retirada nas macrófitas usadas como fitorremediação.

5.4.2 Tratamento da água residuária dos viveiros através da fitorremediação

As informações obtidas no Experimento 2 (abril a agosto de 2011) e no Experimento 3 (dezembro de 2011 a abril de 2012) registram as taxas de coliformes fecais, coliformes totais e turbidez da água. O sistema de fitorremediação (Figuras 35 e 36) foi eficiente na filtragem da água residuária do cultivo do *Astianax bimaculatus* na densidade populacional de 3 peixes/m². Os valores das taxas de coliformes fecais, coliformes totais e turbidez da qualidade da água, após a saída do sistema da fitorremediação, ficaram dentro dos limites recomendados pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (RESOLUÇÃO CONAMA, 2005).

A primeira análise foi realizada em 18 de agosto de 2011 (Experimento 2), quando foram observados os seguintes resultados: sistema de abastecimento da área experimental (Figura 25) (ponto de coleta 7) registrou a presença de 87 coliformes fecais por 100 mL de água, coliformes totais de 1.110 por 100 mL de água e turbidez de 0,5 NTU; e, na saída dos tratamentos (ponto de coleta 5) (Figura 25), os índices se elevaram para 328 coliformes fecais por 100 mL de água, 2.419 coliformes totais por 100 mL de água, e turbidez de 1,1 NTU. Após o sistema de fitorremediação (ponto de coleta 6) (Figura 25), os índices tiveram uma queda para 28 coliformes fecais por 100 mL de água; coliformes totais de 488 por 100 mL de água e turbidez de 0,3 NTU. Ocorreu uma pequena variação de pH entre as amostras: no sistema de abastecimento da área experimental, o pH ficou 6,7; na saída dos tratamentos, ficou o índice de 7,37; e, após o sistema de fitorremediação, de 7,26.

A segunda análise ocorreu em 22 de abril de 2012 (Experimento 3). Observou-se que o sistema de abastecimento da área experimental (ponto de coleta 7) (Figura 25) registrou a presença de 63 coliformes fecais por 100 mL de água, coliformes totais de 765 por 100 mL de água e turbidez de 0,7 NTU; e, na saída dos tratamentos (ponto de coleta 5) (Figura 25), os índices se elevaram para 241 coliformes fecais por 100 mL de água, 342 coliformes totais por 100 mL de água e turbidez de 1,6 NTU. Após o sistema de fitorremediação (ponto de coleta 6) (Figura 25), os índices tiveram uma queda para 23 coliformes fecais por 100 mL de água, coliformes totais de 81 por 100 mL de água e turbidez de 0,2 NTU. Ocorreu uma pequena variação de pH entre os pontos de coletas: o sistema de abastecimento da área experimental apresentou o pH de 6,23; na saída dos tratamentos, de 7,49; e, após o sistema de fitorremediação, de 7,31 (Figura 25).

O sistema de fitorremediação teve um papel importante na redução da turbidez, de coliformes totais e fecais e outros microrganismos, permitindo que a saída da água do sistema de pesquisa ficasse dentro do padrão de normalidade, em conformidade com os limites determinados pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, o que permite classificar a água como de classe 2, propícia ao cultivo de peixes para consumo.

Resultados semelhantes foram obtidos nas regiões de Orleans e Tubarão, no Estado de Santa Catarina. Esses resultados evidenciaram que, em média, de

cada dez exames realizados, oito mostraram contaminação por coliformes fecais. O tratamento dessas águas pelo processo de tratamento biológico com zona de raízes demonstrou: redução de mais de 80% dos sólidos totais; redução média de 50% do nitrogênio total e redução média de mais de 60% dos nitratos; redução significativa da cor da água tratada; e redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO). A presença de coliformes fecais zerou e, em duas coletas, a redução foi maior que 50%. Isso mostrou a importância deste processo de tratamento de água (BOOS *et al.*, 2000).

Vicznevski e Marchesini (2002) verificaram que utilizando macrófita (aguapé) houve redução entre 99 e 100% de coliformes, em Santa Catarina.

Van Kaick (2002) observou redução de 94% dos coliformes em um sistema com macrófita e atribuiu a redução ao efeito tóxico de secreção radicular sobre eles. Preszhuk *et al.* (2003), em dois experimentos utilizando o tratamento biológico com zona de raízes (macrófitas), verificaram redução do número de coliformes totais de 69% e de coliforme fecais de 67 a 76%.

Em sistema instalado em junho de 1999 na comunidade de Rio da Prata, as raízes das plantas produziram substâncias que atuaram na eliminação dos coliformes e outras bactérias patogênicas, apresentando uma eficiência de 99,9% da eliminação destes agentes (FUNDAÇÃO MUNICIPAL 25 DE JULHO, 2002).

6 CONCLUSÕES

- Os resultados demonstraram que a torta de mamona destoxificada pode ser usada na alimentação do *Astyanax bimaculatus*.

- A inclusão da torta de mamona destoxificada na ração do lambari é viável economicamente para o cultivo dessa espécie.

- A torta de mamona destoxificada pode ser utilizada na ração para lambari em concentrações 7, 14, 21 e 28%. A ração contendo 7% de torta de mamona destoxificada foi que propiciou o melhor resultado no desenvolvimento do *A. bimaculatus*.

- Os lambaris, nos três tratamentos com a ração contendo a torta de mamona destoxificada, não apresentaram sintomas clínicos de intoxicação por ricina.

- A avaliação bioquímica das funções hepáticas, TGO e TGP, nos três tratamentos com torta de mamona destoxificada, ficaram compatíveis com o tratamento-controle.

- Não foram constatadas alterações histomorfológicas no fígado e intestino dos lambaris alimentados com torta de mamona destoxificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, S.E.I., MAGZOUN, M. (1975) Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. *Toxicology*, July v. 3.
- ADAMS, M. (2002) *Biological indicators of aquatic ecosystem stress*. Maryland: American Fisheries Society, 600p.
- ADAMS, M. (2002) *Biological indicators of aquatic ecosystem stress*. Maryland: American Fisheries Society, USA. 600p.
- AGOSTINHO, A.A., JÚLIO JR., H.F., PETRERE JR., M. (1994) Itaipu reservoir (Brasil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: COWX, I.G. (Ed.). *Rehabilitation of freshwater fishes*. Bodman: Fishing News Book.
- AGOSTINHO, C.A., MOLINARI, S.L., AGOSTINHO, A.A., VERANI, J.R. (1984) Ciclo reprodutivo e primeira maturação sexual de fêmeas do lambari, *Astyanax bimaculatus* (L.) (Osteichthyes-characidae) do rio Ivaí, Estado do Paraná. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro, 44(1):31:36.
- AHMED, O.M.M., ADAM, S.E.I. (1979a) Effects of *Jatropha curcas* on calves. *Veterinary pathology*.
- AHMED, O.M.M., ADAM, S.E.I. (1979b) Toxicity of *Jatropha curcas* in sheep and goats. *Research in veterinary science*.
- AKAISHI, F.M. *et al.* (2004) Morphological and neurotoxicological findings in tropical freshwater fish (*Astyanax sp.*) after water borne and acute exposure to water soluble fraction (WSF) of crude oil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 46(2): 244-253.
- ALBINATI, A.C.L. *et al.* (2009) Biomarcadores histológicos-toxicidade crônica pelo Roundup em piaçu (*Leporinus macrocephalus*) *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 61(3):621-627.
- ALMEIDA, R.B.C. (2007) *Astyanax altiparanae* como modelo biológico espécie de peixe para exploração zootécnica e biomanipulação. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Instituto de Biociência de Botucatu, São Paulo.
- ANADAN, S., ANIL KUMAR, G.K., GHOSH, J., RAMACHANDRA, K.S. (2004) Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. *Animal Feed Science and Technology* 120:159-168.
- ANDRADE, D.R., GODINHO, H.P., RIBEIRO, S.P, CASTRO, E.F.T. (1985) Ciclo reprodutivo (*Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758) em viveiros. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.* 37(5):435-47.

ANDRADE, D.R., VIDAL JR., M.V. (1994) *Criação de peixe: lambari-bocarra (Oligosarcus argenteus)*. Viçosa: Imprensa Universitária (Informe Técnico).

ANDRADE, D.R., YASUI, G.S. (2003) O manejo de reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. *Rev. Bras. Reprod. Animal* 27(2):166-172.

ANDRADE, D.R., PEREIRA, M.C., VIDAL JR., M.V., SHIMODA, E., YASUI, G.S., SIQUEIRA, A.M.M., ANDRADE, C.C.F. (2004) Caracterização do consumidor de pescado em Guaçuí (ES) e Divino de São Lourenço (ES). In: ANAIS AQUA CIÊNCIA – I CONGRESSO DA AQUABIO. *Anais...* Vitória: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Vitória.

ANDRIAN, I.F., BARBIERI, G. (1996) Espectro alimentar e variações sazonal e espacial na composição da dieta de *Parauchenipterus galeatus* Linnaeus, 1766, (Siluriformes, Auchenipteridae) na região do reservatório de Itaipu, PR. *Rev. Bras. Biol.*, São Paulo.

ANDRIAN, I.F., SILVA, H.B.R., PERETTI, D. (2001) Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758 (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum*, Maringá, 23(2):435-440.

ANDRIGUETTO, J.M., PERLY, L., MINARDI, I., GEMAEL, A., FLEMMING, J.S., SOUZA, A.S., BONA, F. B. (1982) *Nutrição animal*. São Paulo: Nobel. Curitiba: ed. Universidade Federal do Paraná, 1982.

ARANA, S. (1995) *Estrutura histológica do fígado de peixes*. Semana sobre histologia de peixes, Jaboticabal. p.39-41.

ARANA, L.A.V. (1999) *Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídio para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira*. Florianópolis: UFSC.

AREGHEORE, E.M., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. (1998) Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* using latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. *J. Sci. Food Agric.*, 77.

AREGHEORE, E.M., BECKER, K., MAKKAR, H.P.S. (2003) Detoxication of toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. *South Pacific Journal of Natural Science*.

ARELLANO, J.M., STORCH, V., SARASQUETE, C. (2004) Ultrastructural and histochemical study on gills and skin of Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Journal of Applied Ichthyology* 20:452-460.

ASSIS, F.P., NAUFEL, F., TUNDISI, A.G., ROCHA, G.L., BRANCO, T.S., BECKER, M., CINTRA, B. (1962) Valor do farelo de mamona atoxicada na alimentação de vacas leiteiras em comparação com os farelos de torta de algodão e amendoim. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 20:35-38.

AZEVEDO, D.M.P. de, LIMA, E.F., BATISTA, F.A.S., BELTRÃO, N.E. de M., SOARES, J.J., VIEIRA, R. de M., MOREIRA, J. de A.N. (1997) *Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (Ricinus communis L.) no Nordeste do Brasil*. Campina Grande: Embrapa-CNPA. 52p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 25)

AZEVEDO, D.M.P., LIMA, E.F. (2001) *O agronegócio da mamona no Brasil*. 1. ed. Brasília: Embrapa (Informação tecnológica)

AZEVEDO, D.M.P., BELTRÃO, N.E.M. (2007) *O agronegócio da mamona no Brasil*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 504p.

BALDISSEROTTO, B. (2002) *Fisiologia aplicada à piscicultura*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002.

BALDISSEROTO, B., GOMES, L. (2005) *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*.

BANDEIRA, D.A., CARTAXO, W.V., BELTRÃO, N.E. *et al.* (2004) Resíduos industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., Campina Grande. Energia e sustentabilidade. *Anais...* Campina Grande: Embrapa, 2004.

BARROS, G.S.C., SILVA, A.P., PONCHIO, L.A. *et al.* (2006) Custo de produção de biodiesel no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, 15(3):36-50.

BARROS NETO, B., SCARMÍNIO, I.S., BRUNS, R.E. (2003) *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. 2. ed. Campinas: Unicap. 401p.

BECKER, K., MAKKAR, H.P.S. (1998) Effect of phorbol ester in carp *Cyprinus carpio* L. *Vet. Hum. Toxicol.*

BEGG, J., GASKIN, T. (2011) *Jatropha curcas* (PIM570). In: CHEMICAL Safety information from intergovernmental organizations. Disponível em: <<http://www.inchen.org/documents/pims/plant/jcurc.htm>>. Acesso em: 28 out. 2011.

BELLAVER, C., SNIZEK, P.N. (1999) Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA.

BELLEN, H.M. van (2007) *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV. 253p.

- BELTRÃO, N.E.M., LIMA, R.L.S. (2007). Aplicação do óleo de mamona como fonte de energia: Biodiesel. In: AZEVEDO, D.M.P., BELTRÃO, N.E.M. (Ed.) *O agronegócio da mamona no Brasil*. 2. Embrapa Informação Tecnológica. p.395-416.
- BELTRÃO, N.E.M., OLIVEIRA, M.I.P. (2009). *Detoxicação e aplicações da torta de mamona*. 35p. Campina Grande: Embrapa Algodão (Documentos, 217).
- BENESI, F.J. (1979) *influência do farelo de mamona (Ricinus communis L.) destoxicado sobre o proteinograma sanguíneo e desempenho de suínos*. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BENFICA, C. (2006) *Biomonitoramento das lagoas estuarinas do Camacho-Jaguaruna(SC) e Santa Marta-Laguna(SC), utilizando Geophagus brasiliensis (Cichlidae)*. 112f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BERTOLETTI, E. (1990) *Ensaio biológicos com organismos aquáticos e suas aplicações no controle da população*. São Paulo. 50p. (Apostila CETESB).
- BEYRUTH, Z., TUCCI-MOURA, A., FERRAGUT, C., MENEZES, L.C.B. (1998) Caracterização e variação sazonal do fitoplâncton de tanques de aquicultura. *Acta Limnologia Brasileira*.
- BIZERRIL, B., PRIMO, P.B. (2001) *Peixes de águas interiores do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: FEMAR-SEMADS.
- BOOS, A.T., PANCERI, B., PIROLA L. (2000) *Sistema de tratamento biológico da água com zona de raízes*. Florianópolis: Epagri.
- BORÉM, A., SAVY FILHO, A. (1999) Melhoramento da momoeira. In: *Melhoramento da planta cultivada*. Viçosa: UFV.
- BOSCOLO, W.R. *et al.* (2004) Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. *Rev. Brasil. Zootec.*, Viçosa, 33(1):8-13.
- BOSE, M.L.V., WANDERLELY, R.C. (1988) Digestibilidade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de feno de alfafa em ovinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 17(5):456-464.
- BOYD, C.E., TUCKER, C.S. (1998) *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

BOYD, C.E., QUEIROZ, J.F. (2004) *Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade de água e dos afluentes de viveiros. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Editado por José Eurico Possebon Cyrino et al. São Paulo: TecArt.

BRANDT, N.N., CHIKISHEV, A.Yu, SOTNIKOV, A.I., SAVOCHKINA, Yu A., AGAPOV, I.I., TONEVITSKY, A.G. (2005) Ricin, ricinagglutinin, and the ricin binding subunit structural comparison by Raman spectroscopy. *Journal of Molecular Structure* 735:293-298.

BREITENEDER, H., RADAUER, C. A. 2004 Classification of plant food allergens. *Journal Allergy and Clinical Immunology* 113:821-30.

BRITO, M.F., TOKARNIA, C.H. (1996) Intoxicação experimental pelas sementes trituradas de *Ricinus communis* (*Euphorbiaceae*) em coelhos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*.

BRITSKI, H.A. (1972) *Peixes de água doce do estado de São Paulo: sistemática*. In: COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI. POLUIÇÃO E PISCICULTURA. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP, Instituto de Pesca, p.79-108.

BRITSK, H.A., SILIMON, K.Z.S., LOPES, B.S. (1999) *Peixes do Pantanal: manual de identificação*, Brasília: Embrapa-SPI. 184p.

BROWN, L. (1993) *Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine*. Oxford: Pergamon Press.

BUCKUP, P.A. (2004). A sub-família Characidiinae e sua posição filogenética. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia* 57:6-7. Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática: ed. José Eurico Possebon Cyrino [e] Elisabeth Criscuolo Urbinati, Vitória. 460p.

BURGI, R. (1992) Equipamentos para manejo e tratamento de resíduos agrícolas e agroindustriais. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, São Carlos, 1992. *Anais...* São Carlos: Embrapa. p.69-82.

CÂNDIDO M.J.D., BOMFIM M.A.D., SEVERINO L.S., OLIVEIRA S.Z.R. et al. (2008a) Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., Salvador, BA. *Anais...* Salvador, BA.

CÂNDIDO, M.J.D., VIEIRA, M.M.M., BONFIM, M.A.D., SEVERINO, L.S., MENEZES, A.G., ROCHA, J.N., FERNANDES, J.P.B. (2008b) Consumo e desempenho de ovino, alimentado com dieta contendo quatro níveis de farelo de mamona. Lavras: UFLA.

CANTELMO, O.A. (1999) *Sistema intensivo e superintensivo na criação de peixes*. Lavras UFLA/FAEPE.

CARTAXO, W.V., BELTRÃO, N.E. de M., SILVA, O.R.R.F. da, SEVERINO, L.S., SUASSUNA, N.D., SOARES, J.J. (2004) Cultivo da mamona no semi-árido brasileiro. Campina Grande: Embrapa/CNPA, 20p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 77).

CARVALHO, M.E.A. (1978) *Estudos para a obtenção de concentrados de proteína da mamona desintoxicados e desalergenizados*. 78f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASACA, J.M., TOMAZELI JÚNIOR, O. (2001) Planilhas para cálculos de custo de produção de peixes. Florianópolis: Epagri, 38p. (Epagri. Documentos, 206).

CASTAGNOLLI, N. (1992) *Criação de peixes de água doce*. Jaboticabal: FUNEP. 189p.

CASTAGNOLLI, N. (2004) *Estado da arte da aqüicultura brasileira*. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Editado por Cyrino *et al.* São Paulo: TecArt.

CASTRO, J.C. (2003) Uso de aditivos e probiótico em rações animais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RANICULTURA, 1., e CICLO DE PALESTRAS SOBRE RANICULTURA DO INSTITUTO DE PESCA, 2.

CECARELLI, P.S., SENHORINI, J.A., VOLPATO, G.L. (2000) *Dicas em piscicultura; perguntas e respostas*. Botucatu: Santa Gráfica Editora. 247p.

CEMIG/CETEC – CAMPANHA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. (2000) *Guia ilustrativo de peixes do rio Grande*. Belo Horizonte: CEMIG. 114p.

CHING, W.H., RODRIGUES, C.W. (2006) *Biodiesel*. Sebrae, S1. s.n.

CHUBB, L.G. (1982) Anti-nutritive factors in animal feedstuffs. In: HARESTING, W. Studies in agricultural and food science Butterworth's. *Recent Advances in Animal Nutrition*. p.21-37.

COELHO, H.E. (2002) *Patologia veterinária*. 1. ed. Barueri-SP: Manole Ltda.

COHEN, D.M. (1970) How many recent fishes are there? In: *Proceedings of the California Academy of Science*, San Francisco 38(4):341-345.

COLNAGO, G. (2005) *Nutrição e alimentação animal*. Niterói: Universidade Federal Fluminense.

COOK, D.L., DAVID, J., GRIFFITHS, G.D. (2006) Retrospective identification of ricin in animal tissues following administration by pulmonary and oral routes. *Toxicology*.

COUTO, H.P. (2008) *Fabricação de rações e suplementos para animais: gerenciamento e tecnologia*. Viçosa: CPT.

CRESPO N.A.H., OLIVEIRA D.N., MACHADO T.L.O. (2008) Avaliação dos teores de ricina e de proteases envolvidas no processamento desta toxina e a desativação de epitopos alergênicos presentes em torta de mamona (*Ricinus communis* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 3. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br>. Acesso em: 26 mar. 2010.

CRESPO NETO, H.A. (2009) *Avaliação dos teores de ricina e de proteases durante o armazenamento de torta de mamona (Ricinus communis L.)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos do Goytacazes, Rio de Janeiro.

DABROWSKI, K. (1984) The feeding of fish larvae: present state of art and perspectives. *Reprod. Nutr. Develop.*

DEPARTAMENTO de Pesca y Acuicultura de La Organizacion de La Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentacion, Roma: FAO.

DEUS DE OLIVEIRA, N. (2010) *Desenvolvimento de uma tecnologia para desativar epitopos alergênicos de albuminas 2S presentes em torta de mamona (Ricinus communis L.)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos do Goytacazes, Rio de Janeiro.

DINIZ, C.R., CEBALLOS, B.S.O. (2002) Distribuição vertical e dinâmica nictemeral de parâmetroa físicos-químicos do açude de Bodocongo, PB. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 26., México, 2002. *Anais...* México, 2002.

EL BADWI S.M.A., MOUSA, H.M., ADAM, S.E.I., HAPKE, H.J. (1992) Response to brown Hissek chicks to low levels of *jatropha curcas*, *Ricinus communis* or their mixture. *Veterinary and Human Toxicology*.

EL-AGAMY, E.I. (2007) The challenge of cow milk protein allergy. *Small Ruminant Research* 68:64-72.

EL-SAYED, A.F.M. (1999) Alternative dietary protein sources for farmed tilápia, *Oreochromis spp*. *Aquaculture*, Amsterdam 179:146-168.

EMBRAPA ALGODÃO. (2006) *Sistema de produção*. 2. ed. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2010.

ESTEVEES, F.A. (1988) *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 574p.

ESTEVEES, F.A., BOZELLI, R.L., CAMARGO, A.F.M., ROLAND, F., THOMAZ, F.M. (1988) Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH, alcalinidade em lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismos destes ecossistema. *Acta limnologia Brasilienses*, São Carlos: Sociedade Brasileira de limnologia.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY-EFSA. (2008) Scientific of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on ricin as undesirable substances in animal Feed. *The EFSA Journal* 726:1.

EVANS, D.H., PIERMARINI, P.M., CHOE, K.P. (2005) The multifunction fish Gill: dominant site of gas Exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiology RePhysiology Review* 85:97-177.

FELIX, S.P., MAYERHOFFER, R.O., DAMATTA, R.A., VERISSIMO, M.A., NASCIMENTO, V.V., MACHADO, O.L.T. (2008) Mapping igE-binding epitopes of Ric c 1 and Ric c 3, allergens from *Ricinus communis*, by mast degranulation assay. *Peptides*.

FERGUSON, H.W. (1989) *Systemic pathology of fish, a text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts*. Ames: Iowa State University Press, 1989.

FERNANDES, J.B.K., CARNEIRO, D.J., SAKOMURA, N.K. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas de alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 29(3):646-653.

FERNANDES, K.V. (2008) *Análise dos níveis de albuminas 2S e de ricina em sementes de diferentes cultivares e linhagens de mamona (Ricinus communis L.)* – Monografia. Campos dos Goytacazes, RJ: Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

FERNANDES, K.V. (2010) *Desenvolvimento de um bioensaio para detecção de ricina e utilização da fermentação em estado sólido para destoxificação da torta de mamona e produção de lipase*. Dissertação (Mestrado) – Campos dos Goytacazes, RJ: Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

FERRAZ, D.R., AMARAL, A.A. Variação nictemeral dos parâmetros físico-químico da água de um viveiro de tilápia. In: ENCONTRO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., Paraíba, PB.

FERREIRA, A. (2004) *Ecologia trófica de Astianax paranae (Osteychthyes, Characidae) em córregos da bacia do Rio Passa-cinco, Estado de São Paulo*. Piracicaba, 4. 56p.

FORESTI, F., ALMEIDA-TOLEDO, L.F., TOLEDO-FILHO, S.A. (1981) Polymorphic nature of nucleous organizer regions in fishes. *Cytogenet Cell Genet*.

FORESTI, F., OLIVEIRA, C., ALMEIDA-TOLEDO, L.F. (1993) A method for chromosome preparations from large specimens of fishes using in vitro short treatment with colchicines. *Experientia*.

FORESTI, F., OLIVEIRA, C., CARVALHO, E.D. (1994) ploidy evaluation in the pacu fish, *Piaractus mesopotamicus* (Pisces, characiforme): Techniques and commentes. *Revista Brasileira de Biologia*.

PORTO-FORESTI, F.; ALMEIDA, C.B.R.; FORESTI, F. (2005) Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparae*). Espécies nativas para piscicultura no Brasil, UFMS.

FORNAZIERI JÚNIOR, A. (1986) *Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas*. São Paulo: Ícone, 71p.

FRANCIS, G., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. (2001) Antinutricionais factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Review. Aquaculture*.

FREIRE, R.M.M., SEVERINO, L.S., MACHADO, O.L.T. (2007) *Ricinoquímica e coprodutos*. O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.

FULLER, R. (1989) Probiotics in man and animals. *Journal Applied Bacteriology*.

FUNDAÇÃO MUNICIPAL 25 DE JULHO (2002) *Tratamento biológico de esgoto doméstico por zona de raízes*. Secretaria de agricultura e meio ambiente. Joinville, Santa Catarina.

FURUYA, W.M. (2001) *Nutrição de peixes*. Fundamentos da Moderna Aqüicultura. Canoas: ULBRA, p.59-67.

FURUYA, W.M. (2010) *Tabela brasileira para nutrição de tilápia*. Toledo, PR: GFM.

GADELHA, J.A., FLUENTES, M.F.F., MENDONÇA, H.L., PEREIRA, R.M.A. (1973) Substituição do farelo de soja pelo de mamona desintoxicado em rações de pintos. *Ciência Agrônômica* 3:71-74.

GALDIOLI, E.M., HAYASHI, C., SOARES, C.M. (2002) Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações de alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus* L.). *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 31(2):552-559.

GARTNER, L.P., HIATT, J.L. (2007) *Tratado de histologia em cores*. Rio de Janeiro: Elser, 576p.

GARUTTI, V. (1988) *Morfologia, reprodução e Aspectos evolutivos de **Astyanax bimaculatus** (Ostariophysis, Characidae) em curso de água da bacia do rio Paraná*. Tese de Doutorado, IBUSP.

GARUTTI, V. (1995) *Revisão taxonômica dos Astyanax (Pisces, Characidae), com mancha umeral ovalada e mancha no pedúnculo caudal, estendendo-se a extremidade dos raios caudais medianos, das bacias do Paraná, São Francisco e Amazônia*. Tese de Livre-Docência. São Jose do Rio Preto, SP: Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, IBILCE, Universidade Estadual Paulista.

GARUTTI, V. (1999) Descrição de *Astyanax argyrimarginatus* sp. n. (Characiformes, Characidae) procedente da Bacia do Rio Araguaia. *Rev. Brasil. Biol.* 59(4):585-591.

GARUTTI, V., BRITSKI, H.A. (2000) *Descrição de uma nova espécie de Astianax (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia*. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS. Ser. Zool.* Porto Alegre.

GARUTTI, V. (2001) *Piscicultura ecológica*. São Paulo, SP: UNESP.

GODOY, M.G. (2009) *Produção de lipase microbiana e destoxificação simultânea de rejeitos agroindustrial*. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GOEL, G., MAKKAR, H.P.S., FRANCIS, G., BECKER, K. (2007) Phorbol esters: structure, biological activity, and toxicity in animal. *International Journal of Toxicology*.

GOLDSTEIN, I.J., HUGHES, R.C., MONSIGNY, M., OSAWA, T., SHARON, N. What should be called a lectin? *Nature* 285.

GUL, S., BELGE-KURUTAS, E., YILDIZ, E., SAHAN, A., DORAN, F. (2004) Pollution correlated modifications of liver antioxidant systems and histopathology of fish (Cyprinidae) living in Seyhan Dam Lake, Turkey. *Environment International*, New York 19(9):2275.

GULATI, R.D. (1982) Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in dutch lakes. In: SYMPOSIUM OF ZOOPLANKTON.

HALVER, J.E., HARDY, R.W. (2002) *Fish nutrition*. 3 ed. San Diego, California: Academic Press.

HARDY, R.W. (2005) Sanidade aquícola – cultivo saudável e certeza de bons negócios. *Panorama da Aquicultura* 18(107).

HARDY R. (2008) Fontes alternativas de proteína, frente aos novos desafios e oportunidades. *Panorama da Aqüicultura* 18(107).

HAYASHI, C., GALDIOLI, E.M., NAGAE, M.Y. (1999) Exigência de proteína para alevinos de lambari (*Astyanax bimaculatus*) (Pisces: Characidae). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, CD-ROM.

HAYASHI, C., MEURER, F., BOSCOLO, W.R., KAVATA, L.C.B., LACERDA, C.H.F. (2002) Níveis de arraçoamento para alevinos de lambari (*Astyanax bimaculatus*). In: ANAIS DO CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Recife.

HAYASHI, C., MEURER F., BOSCOLO R.W., LARCEDA C.H.F., KAVATA, L. C.B. (2004) *Revista Brasileira de Zootecnia* 33(1):21-26.

HEATH, A.G. (1987) *Water pollution and fish physiology*. Boca Raton: CRC Press, 1987.

HEATH, A.G. (1995) *Water pollution and fish physiology*. 2 ed. Florida: Lewis Publishers.

HELLER, J. (1996) *Physic nut. **Jatropha curcas** L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. International Plant Genetic Resources institute.

HIBIYA, T. (1992) *An atlas of fish histology, normal and pathological features*. New York: Gustav Fischer Verlag.

HICKLING, C.F. (1962) *Fish cultures*. London. 295p.

HINTON, D.E., BAUMANN, P.C., GARDNER, G.R., HAWKINS, W.E., HENDRICKS, J.D., MURCHELAN, R.A., OKIHIRO, M.S. (1992) *Biomarkers: biochemical, physiological, and histopathological markers of anthropogenic stress*. Boca Raton: Lewis Publishers. p.155-208.

HOLANDA, A. (2004) *Blodiesel e inclusão social*. Brasília: Coordenação de Publicações, p.103-107.

HOLFELDER, M.G.A., STECK, M., KOMOR E., SEIFERT, K. (1998) Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis*. *Phytochemistry* 47(8):1461-1463.

HORTON, J., WILLIAMS, M.A. (1989) A cooker-extruder for deallergenation of castor bean meal. *Journal of the American Oil Chemists Society* 66(2):227-231.

ICOA (1989) *The processing of castor meal for detoxidation and deallergenation*. Ridgewood. 75p. (Technical Bulletin, 1).

INCAPER (2012) Documentos. Vitória.

IVERSEN, M. *et al.* (2003) The efficacy of metomidate, clove oil, Aqui-Sk and Benzoakr as anaesthetics in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing. *Aquaculture* 221:549-566. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/%locate/aqua-online>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

KIMBROUGH, R.D., LINDER, R.E., GAINES, T.B. (1972) Morphological changes in livers of rats fed polychlorinated biphenyls. *Archives of Environmental Health* 25(5):354-364.

KONNUR, R., SUBBARAO, E.C. (2004) Biogas from de-oiled castor cake. In INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS, 2004, Ahmedabad. *Proceedings...* Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India: Ahmedabad. p.31-35.

KORARDI, R., BILLETER, M., WUTHRICH, K. (1996) MOLMOL: a program for display and analysis of macromolecular structures. *Journal of Molecular Graphics* 14:51-55.

KUBITZA, F. (1999) *Nutrição e alimentação dos peixes cultivados*. 3. ed. Judiai, SP.

KUMAR, K., ANSARI, B.A. (1986) Malathion toxicity: effect on the liver of the fish *Brachydanio rerio* (Cyprinidae) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Orlando 12:199-205.

LAEMMLI, UK, MOLBERT, E., SHOWE, M., KELLENBERGER, E.J. (1970) Clivagem de proteínas estruturais durante a montagem da cabeça do Bacteriófago T4. Reino Unido. *Mol. Biol.* 49-99.

LANDA, G.G. (1998) *Composição do zooplâncton em quatro represas no campus da Universidade Federal de Lavras: um subsídio à piscicultura*. Lavras.

LIMA, F.C.T., MALABARBA, L.R., BUCKUP, P.A., PEZZI DA SILVA, J.F., VARI, R.P., HAROLD, H., BENINE, R., OYAKAWA, O.T., PAVANELLI, C.S., MENEZES, A., LUCEMA, C.A.S., MALABARBA, M.C.S.L., LUCENA, Z.M.S., REIS, R.E., LANGEANI, F., CASSATI, L., BELTACO, V.A., MOREIRA, C., LUCINDA, P.H.F. (2003) *Genera Incertae Sedis in Characidae*. p.106-169.

LINS, J.A.P.N. *et al.* (2010) *Use of fish as biomarkers for monitoring aquatic environment*.

LOGATO, P.V.R. (1999) *Nutrição e alimentação de peixes de água doce*. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) à distância: Piscicultura. Lavras: UFLA/FAEPE.

LOGATO, P.V.R. (2000) *Nutrição e alimentação de peixes de água doce*. Viçosa, MG: Aprenda Fácil.

LOPES, J.M., GIANI, A. (2001) *Variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica do reservatório da Pampulha (MG) em duas estações do ano*. In: CONGRESSO DE LIMNOLOGIA, João Pessoa.

LORD, J.M., ROBERTS L.M., ROBERTS, J.D. (1994) Ricin: structure, mode of action and some current applications. *The FASEB Journal*, Bethesda 8:201-208.

LUNDBERG, J.G., KOTTELAT, M., SMITH, G.R., STIASSNY, M.L.J., GILL, A.C. (2000) So many fishes, so little time: an overview of recent ichthyological discovery in continental water. *Annals of Missouri Botanical Garden*, Saint Louis 87(1):26-62.

MACHADO, O.L.T., SILVA JÚNIOR, J.G. (1992) An allergenic 2S storage protein from *Ricinus communis* seeds which is a part of the 2S albumin precursor predicted by c-DNA data. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto 25:57-582.

MACHADO, O.L.T., MARCONDES, J.A., SOUZA FILHO, F. de, HANSEN, H., RIBEIRO, P.D.; VERICIMO, M., KANASHIRO, M., KIPINIS, T., SANTOS, M.F. dos, COESTA-E-SILVA, M.C. (2003) Characterization of allergenic 2S albumin isoforms from *Ricinus communis* seeds. *Allergologie*, Munchen 26:45-51.

MACHADO, O.L.T., FREIRE, R.M.F., SEVERINO, S.L. (2007) Ricinoquímica e coprodutos. Cap. 19, p. 459. In: DEMÓSTENES, M.P.A., BELTRÃO, N.E.M. (Ed.) *O agronegócio da mamona no Brasil*. Embrapa Algodão-Campina Grande, PB. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa informação tecnológica.

MACIEL, F.M., MACHADO, O.L.T. (2007) Avaliação do potencial alergênico de sementes de *Jatropha curcas* L., pinhão manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília e CONGRESSO DE REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2.: *Livro resumo*. Brasília.

MAIORKA, A., SANTIM, E., SUGETA, S.M. *et al.* (2001) Utilização de prebióticos, probióticos ou simbióticos em dietas para frangos. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*.

MAKKAR, H.P.S., BECKER, K., SPORER, F., WINK, M. (1997) Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jathopha curcas*. *J. Agric. Food Chem.*

MAKKAR, H.P.S., ADERIBIGBE, A.O., BECKER, K. (1998) Comparative evaluation of a non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chem.*

MALLMANN, C.A., DILKIN, P., GIACOMINI, L.Z., ROUBER, R.H. (2006) Critérios para seleção de um bom sequestrante para micotoxinas. *Conferência e Tecnologia Avícola*, p.213-224.

MARTINEZ, C.B.R., CÓLUS, I.M.S. (2002) Biomarcadores em peixes neotropicais para o monitoramento da poluição aquática na bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E. *et al.* (Ed). *A bacia do rio Tibagi*. Londrina: M.E. Medri.

MELO, J.S.C., CHABALIN, E. (2004). Custeio de produção de peixes com uso de aeração por propulsão. Anais do Aqua Ciência. In: CONGRESSO DA AQUABIO, 1., Vitória. *Anais...* Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática: ed. José Eurico Possebon Cyrino [e] Elisabeth Criscuolo Urbinati, Vitória. 460p.

MARTINEZ-HERRERA, J., SIDDHURAJU, P., FRANCIS, DAVILA-ORTIZ, G., BECKER, K. (2006) Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*, London.

MENDONÇA, S., LAVIOLA, B.G. (2009) *Uso potencial e toxidez da torta de pinhão-manso*. Comunicado técnico, Brasília.

MENEZES, J. (2012) *Associação Brasileira dos criadores de Organismos Aquáticos*. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com>>. Acesso em: 7 dez. 2012.

MEURER, F. *et al.* (2002) Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa 31(2):566-573.

MILANI, M., SEVERINO, L.S. (2006) *Cultivo de mamona*. Mercado e comercialização. EMBRAPA Algodão. Sistema de produção. 2. ed.

MILLER, J.W. (1994) Pathologic changes in animals exposed to a commercial chlorinated diphenyl. *Public Health Reports* 59(33):1085-1093.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. (1974) *Lei nº 6.198, cap. II (Dos Produtos e Estabelecimentos)*, art. 4º VII.

MIRANDA, R.M., BAREIRA, H.A., FARIA, E.V., MACHADO, D.D. (1961) *O farelo de mamona destoxicado na alimentação de novilhas leiteiras*. Rio de Janeiro: Instituto de Zootecnia. 12p. (Publicação, 41).

MIRANDA, A.L.C. (2006) *Bioacumulação de poluentes organopersistentes (POPs) em traíra (hoplias malabaricus) e seus efeitos in vitro em células do sistema imune de carpa (Cyprinus sp)*. 66 f. Dissertação (Mestrado de Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MITCHELL, D.A., LOSANE, B.K. (1992) Definition, characteristic and potential. In: DOELLE, H., MITCHELL, D.A., ROLS C.E. (Ed.) *Solid substrate cultivation*. Elsevier Applied Science, p.1-16.

MITCHELL, A., BEROVIC, M., KRIEGER, N. (2002) Overview of solid state bioprocessing. *Biotechnology Annual Reviews* 8:183-225.

MOREIRA, J.F.C., RODRIGUEZ, N.M., FERNANDES, P.C.C. *et al.* (2003) Concentrados protéicos para bovinos. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55(3).

MORGAN, R.W., WARD, J.M., HARTMAN, P.E. (1981) Aroclor 1254 induced intestinal metaphasic and adrenacarcinoma in the glandular stomachs of F344 rats. *Cancer Research* 41:50-52.

MOSHKIN, V.A. (1986) Castor. *Livro*, New Delhi: Amerind. 315p.

MOSHKIN, V.A. (1986) *Physiology and biochemistry of castor*. In: MOSHKIN, V.A. Castor New Delhi: Amerind, Cap 4, p.65-92.

MOTTOLA, A.C., MACKEY, B., HERRING, V. (1971) Castor meal antigen deactivation-pilot plant steam process. *Journal of the American Oil Chemist Society* 48:510-513.

NAPOLEÃO, B.A. (2005) Biodiesel: alternativa econômica, social e ambiental para o Brasil. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte.

NARANG, U., ANDERSON, G.P., LIGLER, F.S., BURANST, J. (1997) Fiber optic-based biosensor for ricin. *Biosensors & Bioelectronics*, Oxford 12(9):937-945.

NASS, L.L., PEREIRA, P.A.A., ELLIS, D. (2007) Biofuels in Brazil: an overview. *Crop Science* 47:2228-2237.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1993) *Nutrients requirements of fish*. New York: National Academic Press.

NAUFEL, F.; ASSIS, F.P.; REZENDE, M.L.P., ROCHA, G.L., BECKER, M, CAIELLI, E.L., LEÃO, J.F.S., KALIL, E.B. (1962) Efeito comparativo da administração de farelo de torta de mamona atóxica, de soja e de algodão na dieta de vacas em lactação. *B. Indust. Animal*.

NAVARRO, R.D., RIBEIRO FILHO O.P., SILVA, R.F., CALADO, L.L., REZENDE F.P., SILVA, C.S.; SANTOS, L.C. (2003) Influência do sexo no desempenho de lambari prata (*Astyanax scabripinnis*, JENYNS, 1842). *Zootecnia Tropical*.

NOMURA, H. (1975a) Comparação dos caracteres merístico de três espécies de peixes de gênero *Astyanax*. *Rev. Bras. Biol.* 35:805-836.

NOMURA, H.(1975b) Alimentação de três espécies de peixes do gênero *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae) do Rio Mogi-Guaçu, SP. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro 35(4):595-614.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1993) *Nutrient requirements of fish*. Washington, DC: National Academy Press.

NUNES, I.J. (1998) *Cálculo e avaliação de rações e suplementos*. Belo Horizonte, MG: FEP-MVZ Editora.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S.P., CONTE L., CYYPRINO J.E.P. (2004) *Produção de Characiforme autóctones*. In: CYRINO *et al.* (Ed.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt.

OLIVEIRA RIBEIRO, C.A., VOLAIRE, Y., SANCHEZ-CHARDI, A., ROCHE, H. (2005) Bioaccumulation and the effects of organochlorine pesticides, PAH and heavy metals in the eel (*Anguilla Anguilla*) at the Camargue nature reserve, France. *Aquatic Toxicology* 74:53-69.

OLIVEIRA, N.D. (2006) *Desenvolvimento de uma tecnologia para desativar epítomos alergênicos de Ricinus communis (mamona)*. Monografia. Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, A.S., CAMPOS, J.M.S., VALADARES FILHO, S.C., DETMANN, E., SOUZA, S.M., FONSECA, A.B., AZEVEDO, J.A.G. (2007) Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de funções hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratada ou não com hidróxido de cálcio In: CONGRESSO DE REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA EM BIODIESEL, 2., 2007 e CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA EM BIODIESEL, 2., Brasília, 2007. *Anais...* Brasília: Supernova Design, v.2, p.8-13.

OLIVEIRA, A.S. (2008) *Co-produtos das extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminante*. 166f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, N.D. (2009) *Desenvolvimento de uma tecnologia para desativar epítomos alergênicos de albuminas 2S presentes em torta de mamona (Ricinus communis L.)* Dissertação (Mestrado) – Centro de Biociência e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, G.H.A. (2010) *Desenvolvimento fetal em cabras da raça anglo-nubiana alimentadas com farelo de mamona*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

OLSNES, S., KOZOLOV, J. (2001) Ricin toxicon. *Elmsford* 39(11):1723-1728.

OLSNES, S. (2004) The history of ricin, abrin and related toxins. *Toxicon* 44:361-370.

OSTRENK, A., BOEGER W. (1998) *Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo*. Guaíba: Agropecuária. 211p.

PACHECO, M., SANTOS, M.A. (2002) Biotransformation, genotoxic, and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (*Anguilla L.*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53:331-347.

PÁDUA, D.M.C. (2001) *Fundamentos de piscicultura*. 2. ed. Goiânia: Ed. da UCG.

PAIVA, R. (1992) Lambari, de invasor a hóspede. *Revista Globo Rural* 11(142):49-53.

PANDEY, A., SOCCOL, C.R., MITCHELL, D. (2000) New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. *Process Biochemistry* 35:1153-1169.

PANDEY, A. (2003) Solid-state fermentation. *Biochemistry Engineering Journal* 13:81-84.

PATENTE (INPI) PI 0506648-4 A2 (2005) *Revista da Propriedade Industrial* 2202. Disponível em: <<http://revistas.inpi.gov.br/pdf/PATENTES2202.pdf>>.

PEREIRA, H.P.F.; ANDRADE, D.R.; TONINI, W.C.T.; VIDAL, M.V.J. (2011) Biologia reprodutiva de fêmeas de lambari-prata, *Astyanax scabripinnis* Jenyns, 1842 (Characidae; Tetragonopterinae; Teleostei) em condições de cativeiro. *Ciência Animal Brasileira* 12(4).

PERONE, J.C., IACHAN, A., DOMONT, G.B., DISITZER, L.V., CASTRO, V.R.O., ROITMAN, R., GOMES, S.M. (1966) *Contribuição ao estudo da torta de mamona*. Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional. 51p.

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

PEZZATO, L.E. *et al.* (2002) Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa 31(4):1595-1604.

PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., FRACALOSI, M.D., CYRINO, P.E.J. (2004) Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P. (Ed.) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: TecArt.

PIGNALBERI, C.T. (1965) Evolución de las gônadas em *Prochilodus platensis* y ensayo de clasificación de los estados sexuales (Pisces, Characidae). An. In: *Cong. Lat. Amer. Zool.* 2(II):203-208.

PILLAY, T.V.R. (1992) *Aquaculture and environment*. Oxford: Fishing News Books. 200p.

PINKERTON, S.D., ROLFER, R., AULD, D.L. (1999) Selection of castor with divergent concentration of ricin and *Ricinus communis agglutinin*. *Crop Science* 39:353-357.

PORTELLA, M.C. (1995) *Efeito da utilização de dietas vivas e artificiais enriquecidas com fontes de ácido graxos essenciais, na sobrevivência, desenvolvimento e composição corporal de larvas e alevinos de curimbatá, Prochilodus scrofa*. Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos.

PORTO-FORESTI, F., ALMEIDA, R.B. (2001) Cultivo de lambari: uma espécie de pequeno porte e grandes possibilidades. *Panorama da Aquicultura* 11(67):15-19.

PORTO-FORESTI, F., ALMEIDA, C.B.R., FORESTI, F. (2005) *Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (Astyanax altiparanae)*. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. UFMS.

PRESZHUK, R.A.O., VANKAICK, E.F., CASAGRANDE JR.H.A.UMEZANA (2003) Tecnologia apropriada e saneamento: análise de eficiência de estações de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes. Curitiba: CEFET.

PROENÇA, C.E.M., BITTECOURT, P.R.L. (1994) *Manual de piscicultura tropical*. Brasília: IBAMA.

QUADROS, M., SALARO, A.L., ALBANEZ, J.R., NACANISHI, L.I.T., BALBINO, E.M., KASAI, R.Y., SARAIVA, A., ZUANON, J.A.S. (2004) Desempenho produtivo do lambari do rabo vermelho (*Astyanax cf. fasciatus*) em diferentes densidades. *Anais do Aqua Ciência*. In: CONGRESSO DA AQUABIO, 1., Vitória, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática: Ed. José Eurico Possebon Cyrino [e] Elisabeth Criscuolo Urbinati. Vitória. 460p.

QUEIROS, J.F.O., MOURA, E.V. (1996) Aquacultura e recursos pesqueiros: alternativa para o desenvolvimento sócio-econômico do Rio Grande do Norte. *Caderno de Ciência & Tecnologia*, Brasília 13:195-224.

RANA, K.J. (2000) *Guidelines on the collection of structural aquaculture statistics*. Supplemente to the program for the world census of agriculture. Roma: FAO.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de*

efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 053, de 18 de março de 2005, p.58-63. Alterada pela Resolução nº 410/2009 e pela 430/2011.

RIBEIRO, L.P., MIRANDA, M.O.T., LIMA, L.C. (2000) *Piscicultura em recirculação: uma tendência inevitável.* *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte 21(203).

ROBERTS, R.J. (2002) *Nutritional pathology.* p.453-504.

ROMAGOZA, E. (2004) Reprodução de peixes teleósteos: considerações gerais e implicações. In: CONGRESSO DA AQUABIO, 1., 2004. *Anais...* Vitória, ES: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática: ed. José Eurico Possebon Cyrino [e] Elisabeth Criscuolo Urbinati, Vitória. 460p.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. *et al.* (2005) *Tabelas brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

ROUBACH, R., GOMES, L.C. (2001) O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. *Panorama da Aqüicultura* 11(66):37-40.

RUTENBER, E., ROBERTUS, J.D. (1991) Structure of ricin B-chain at 2.5 Å resolution. *Proteins: Structure, Function and Genetics* 10:260-269.

SADER, H.S. (2004) Uso de antimicrobiano promotor de crescimento contribui para a resistência antibióticos? In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Campinas.

SAID, N.W. (1996) Extrusion of alternative feed ingredients: Na environmental and nutritional solution. *J. App. Poultry Res.* 5:395-407.

SANTANA, C.R.S., GÓES, T.R. (2009) O projeto biodiesel no Brasil e na Bahia: Inclusão social e desenvolvimento regional. *Bahia Análise e Dados*, Salvador 18(4).

SANTANA, J.C.N. (2010) *Avaliação nutricional e energética dos farelos de mamona sob diferentes processamentos para frangos de corte.* Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, A.A. *et al.* (2004) Análise histológica do fígado de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, criada em tanque-rede na represa de Guarapiranga, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 30(2):141-145.

SANTOS, R.F., KOURI, J., BARROS, M.A.L., MARQUES, F.M., FIRMINO, P.T., REQUIÃO, L.E.G. (2007) *Aspectos econômicos do agronegócio da mamona no Brasil.* 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 504p.

SATO, Y., SAMPAIO, E.V., FENERICH-VERANI, N., VERANI, J.R. (2006) Biologia reprodutiva de duas espécies de Characidae (Osteichthyes, Characiformes) da bacia do São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*.

SAVY FILHO, A., BANZATTO, N.V. (1983) O mercado está para mamona. *Casa da Agricultura* 5.

SAVY FILHO, A., BANZATTO, N.V., BARBOSA, M.Z. (1999) Mamona. In: CATI, *Oleaginosas no Estado de São Paulo: a análise e diagnóstico*, p.29-39. (CATI-Documento Técnico, 107).

SAVY, F.A. (1999) *Mamona: tecnologia agrícola*. Campinas: EMOPI.

SCHUBART, O. (1947) A classificação dos estádios sexuais do curimatá. *Bol. Min. Agric.* 36:1:13.

SCHUSTER, E., DUNN-COLEMAN, N., FRISVAD, J.C. (2002) On the safety of *Aspergillus niger* – a review. *Applied Microbiology and Biotechnology* 59:426-425.

SCHVARTXSMAN, S. (1992) *Plantas venenosas e animais peçonhentos*. São Paulo, SP: Sarvier.

SCHWAIGER, J. *et al.* (1997) The use histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 6:75-86.

SERAFIN, M.A. (2003) *Níveis de proteína bruta em dietas de lambari tambuí dos 0,7 a 4,8 gramas de peso*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SEVERINO, L.S. (2005) *O que sabemos sobre a torta de mamona*. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão (Embrapa Algodão. Documentos, 136).

SEVERINO, L.S., LIMA, R.L.S., BELTRÃO, N.E.M. (2005) *Composição química de onze materiais em subprodutos de mudas*. Campina Grande: Embrapa Algodão.

SHARIEF, F.S.; LI, S.S.L. (1982) Amino acid sequence of small and large subunits of seed storage protein from *Ricinus communis*. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore 257:14753-14759.

SICHERER, S.H., LEUNG, D.Y.M. (2009) Advances in allergic skin disease, anaphylaxis, and hypersensitivity reactions to foods, drugs, and insects in 2008. *Journal Allergy Clinical Immunology* 123(2):319-327.

SIGNOR, A.A., BOSCOLO, W.R., BITTENCOURT F., FEIDEN A., REIDEL A. (2008) Farinha de vísceras de ave na alimentação de lambari. *Cienc. Rural*, Santa Maria, 38.

SILVA, J.M.F., ANDRADE, D.R., TEIXEIRAS, S.M. (1983) Alimentação de lambari, *A. bimaculatus* (Lineatus, 1758) com excremento de suínos e ração. In: REUNIÃO ANUAL PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 1983, Belém. *Resumos...* Belém, 39, p.736-737.

SILVA, J.G., MACHADO, O.L.T., IZUMI, C., PADOVAN, J.C., CHAIT, B.T., MIRZA, U.A., GREENE, L.J. (1996a) Aminoacid sequence of a new albumin from *Ricinus communis* which is part of a 29-kDaprecursor protein. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 336(1):10-18.

SILVA, J.V., ANDRADE, D.R., OKANO, W.Y. (1996b) Desenvolvimento sexual e crescimento de lambaris-tambiú, *Astyanax bimaculatus* Linneaus, 1758 submetidos a diferentes tipos de alimentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 48 (1):33-38.

SILVA, H.B.R. (1998) *Alimentação de **Astyanax bimaculatus** (Characufirme, Characidae) na área da influência do reservatório de Corumbá, GO.* Monografia (Especialização em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SILVA, M.R., SILVA, M.A.A.P. (2000) Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. *Revisão. Rev. Nutr.*, Campinas, 13.

SILVA, E.N. (2004) A polêmica da resistência a antibiótico em aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOCUIDADE DE ALIMENTO, 3., São Paulo, SP.

SILVA, M.E., OLIVEIRA, R.H.F., RIBEIRO, R.A.M., COPPOLA, M.P. (2009) Efeito anestésico do óleo de cravo em alevinos de lambari. *Cienc. Rural*, Santa Maria 39(6).

SCOTT, H., SICHERER, DONALD, L.Y.M. (2008) Advances in allergic skin disease, anaphylaxis, and hypersensitivity reactions to foods, drugs, and insects. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 123(2):319-327

SIPAÚBA-TAVARES, L.H., BACHION, M.A., ROCHA, O. (1994) Estudo do crescimento populacional de três espécies zooplânctônicas em laboratório e o uso do plâncton na alimentação de alevinos de *Oreochromis niloticu* e *astyanax scabrinis paranae*. *Rev. UNIMAR*.

SOUZA, R.M. (1979) *Efeito do farelo de mamona destoxicado sobre os valores hematológicos de suíno.* Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SPIES, J.R., COULSON, E.J. (1943) The chemistry of allergens VII Isolation and properties of an active protein-polysaccharidic fraction, CB-1A, from bean. *Journal of biological Chemistry*, Baltimore.

STATSOFT INC. (1998) *Statistica for Windows*, version 6.0, 2300 EAST 14^o Street, Tusa, 70104, USA.

STIRPE, F., PESSON-BRIZZI, A., LORENZONI, E., STROCCHI, P., MONTANARO, L., SPERTI, S. (1976) Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and of *Jatropha curcas*. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. *Biochemistry Journal*.

TACON, A.G.J. (1995) *Semi-intensive feeding methods for freshwater fish: concepts and research approaches*. Ed. Royal Academy of Overseas Sciences, Technical Centre for agricultural and Rural Cooperation, Food and Agriculture Organization of United Nations.

TAKASHIMA, F., HIBIYA, T. (1995) *An atlas of fish histology: normal and pathological features*. 2. ed. Tokyo: Kodansha.

TÁVORA, F.J.A.F. (1982) *A cultura da mamona*. Fortaleza, CE: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE).

THOPSON, S., KRUATRACHUE, M., UPATHAM, E.S., POKETHITIYOOK, P., SAHAPHONG, S., JARITKHUAN, S. (2003) Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. *Environmental Pollution* 121:307-320.

THORPE, S.C., KEMENY, D.M., PANZANI, R.C., MCGURL, B., LORD, M. (1988) Allergy to castor bean II – identification of the major allergens in castor bean seeds. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, St, Louis 82:67-72.

TRUGO, N.M.F. (1979) *Isolamento e caracterização química e físico-química de alérgenos de mamona*. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TUNDISI, J.G. (2005) *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. 2. ed. São Carlos: RiMa, IIE.

UNEP – UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP/IOC/ICES (1991) Review of contaminants in Marine Mammals. *Marine Mammal Technical Report* 2:23.

VALENTI, W.C. (2002). Aqüicultura sustentável. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12., Vila Real Portugal. Associação Portuguesa dos Engenheiros. *Anais...* p.111-118.

VALENTI, W.C. (2008). A aqüicultura brasileira e sustentável? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, AQUAFAIR, 4., 2008, Florianópolis, SC. *Anais...* Florianópolis, SC.

VALLE, R.P., PROENÇA, C.E.M. (2000) *Evolução e perspectivas da aqüicultura no Brasil-Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*/editor Wagner Controni Valente. Brasília, DF: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia.

VAN LAICK, T.S. (2002) *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná*. Curitiba.

VAZZOLER, A.E.A.M. (1996) *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, São Paulo: SBI.

VENTURIERI, R., BERNARDINI, G. (1999) Hormônios na reprodução artificial de peixes. *Panorama da Aquicultura* 9(55):39-48.

VICZNEVSKI, I.S.; MARCHESINI, G.B. (2002) Programa de saneamento rural: tratamento biológico de esgoto doméstico por zona de raízes. Secretária da agricultura e meio ambiente. Fundação Municipal 25 de julho, Joinville.

VIEIRA, D. (1979) *Transaminase glutâmica pirúvica e oxalacética, desidrogenase glutâmica e sorbitol de suínos alimentados com farelo de mamona destoxicado*. 30f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VIDAL JR., M.V. (2003) *Produção de peixes ornamentais*. Viçosa: CPT.

VIDAL JR., M.V. (2012) *Aqüicultura*. UENF/LZNA, Campos (Mimeog.).

VIDAL JR., M.V. (2012) *Apostila de piscicultura*. Campos de Goytacases, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense "Darcy Ribeiro".

VIEIRA, J.M.S. (2004) O biodiesel e o desafio da inclusão social. In: HOLANDA, A. *Biodiesel e inclusão social*. Brasília: Coordenação de publicações. p.143-15.

VILELA, C., HAYASHI, C. (2001) Desenvolvimento de juvenis *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. Maringá 23(2):491-496.

VINATA ARANA, L. (2003) *Fundamentos de aqüicultura*. Florianópolis: UFSC.

WATANABE, T., KIRON, A. (1994) Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture*.

WOYNAROVICH, E., HORVATH, L. (1989) *A propagação artificial de peixes de águas tropicais*. Tradução de Vera Lúcia Mixtro Chama. Brasília: FAO/CODEVASP/CNPq.

YAGI, N., ITOKAWA, Y. (1980) Lipid metabolism in polychlorinated biphenyl-poisoned rats. *Environmental Research* 22(1):139-144.