



ROSEANE MARIA EVANGELISTA OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E FARINHAS,
OBTIDOS DA SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS
DA FILETAGEM DE TILÁPIA
(*Oreochromis niloticus*)**

**LAVRAS – MG
2015**

ROSEANE MARIA EVANGELISTA OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E FARINHAS, OBTIDOS DA
SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIA
(*Oreochromis niloticus*)**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Carlos José Pimenta

**LAVRAS – MG
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Oliveira, Roseane Maria Evangelista.

Caracterização de óleos e farinhas, obtidos da silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) / Roseane Maria Evangelista Oliveira. – Lavras: UFLA, 2015.

171 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Carlos José Pimenta.

Bibliografia.

1. Resíduo de Peixe. 2. Óleo de Peixe. 3. Óleo Bruto. 4. Óleo purificado. 5. Farinha desengordurada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ROSEANE MARIA EVANGELISTA OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E FARINHAS, OBTIDOS DA
SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIA
(*Oreochromis niloticus*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2015.

Dr. Antonio Carlos Fraga	UFLA
Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta	UFLA
Dr. Pedro Castro Neto	UFLA
Dra. Patrícia de Fátima Pereira Goulart	UNILAVRAS

Dr. Carlos José Pimenta
Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

OFEREÇO

Aos meus pais, Pedro e Zinha, pela minha vida, pelo amor, carinho, incentivo e por fazer acreditar na minha capacidade, dando força para ir além.

DEDICO

*Ao meu esposo João Almir
Pelo incentivo, dedicação, carinho,
companheirismo e amor. Razão do meu viver.*

*Aos meus filhos Gustavo e Felipe,
Por fazer valer a minha existência e serem fonte de
minha alegria.*

*Obrigada por tudo!!!
Sem o apoio de vocês não teria chegado até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por não deixar desistir do meu sonho, me dando força para enfrentar todos os obstáculos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e apoio financeiro.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio financeiro.

À Psicultura Cristalina, pelo fornecimento das matérias-primas utilizadas nos experimentos.

Ao Professor orientador, Carlos José Pimenta, por ter me aceitado como orientada e confiado em meu trabalho.

À coorientadora Prof^a Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta, pela coorientação, apoio, incentivo, amizade e ensinamentos.

Aos professores Fraga e Pedrão que abriram as portas do setor de Biodiesel/UFLA (G-óleo), para a realização da pesquisa e pelas orientações e ensinamentos.

À Prof^a. Patrícia de F. Pereira. Goulart, pela confiança, amizade, incentivo, conselhos e valiosas sugestões no trabalho.

Ao Ricardo pela amizade e ajuda nas análises estatísticas.

Aos alunos de iniciação científica do DCA e DQI/UFLA Cândido (*In memorian*), Raphael, Gabriel, Isamara, Taciene, Kátia, Isabela, Daniela, Marcela, Bárbara, Ana Cláudia e Aline, pelo apoio na condução dos trabalhos que foram imprescindíveis.

À Denise, Heloisa, Creusa, Cidinha e Elenir, pelo carinho, amizade e apoio nas análises laboratoriais.

Às secretárias Lucilene e Adriana, pelo profissionalismo, apoio, carinho e amizade dedicado todo esse tempo.

Às amigas que foram conquistadas durante o período de mestrado e doutorado: Larissa, Ívina, Melissa, Ana Cristina, Marinez, Jacyara, Hellen, Telma, Maria Cecília, Cristina, Luís Felipe e Matheus, obrigada pelo apoio, carinho e bons momentos.

A todos os professores, técnicos, funcionários e demais amigos pós-graduandos e graduandos, que estiveram ao meu lado durante todo esse percurso me ajudando para o desenvolvimento deste trabalho, pela amizade e pelos momentos que estivemos juntos.

Aos meus sogros Sr. Zico e D^a. Zica pelos ensinamentos, amor, carinho, incentivo e muitas orações.

As minhas noras Thaís e Letícia, pelo carinho, amizade, força e compreensão.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos pela amizade, cumplicidade e bons momentos de descontração.

À Tia Julia, Giovanna e Aline, pela amizade, incentivo, força e disponibilidade nas correções ortográficas e citações.

Aos jovens do EMAÚS, pela amizade, carinho e orações.

A todos que direta ou indiretamente me incentivaram nesta nova jornada.

E em especial as minhas grandes amigas: Amanda, Tatiana e Tina, que não mediram esforços e estiveram ao meu lado durante todo esse tempo ajudando na realização dos trabalhos, apoiando e me fazendo levantar a cabeça diante dos obstáculos. Não há palavras para descrever essas ações.

O meu muito Obrigada!!!

*“No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação,
não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”*

Ayrton Senna

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se a extração de óleos de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápias por meio de silagem ácida, utilizando o método Soxhlet e sua caracterização antes e após a purificação por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, além da caracterização das farinhas resultantes desse processo. Para obtenção das silagens ácidas utilizou-se diferentes resíduos, que foram divididos em cinco tratamentos, sendo: T1- 100% de vísceras, T2 - 100% de cabeça, T3 - 100% de carcaça, T4 - 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas. Para cada tratamento foram utilizados resíduos de peixe moídos, acrescentando 5% de ácido acético e 0,1% p/p de BHT/Kg. Após, cada tratamento foi colocado em 8 tubos (Silos) de 100mm de 40 cm de altura totalizando 40 tubos. As análises foram realizadas nos tempos 0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias, sendo que em cada período foram retiradas amostras dos oito tubos de cada tratamento, as quais foram homogeneizadas, e desta amostra composta retirou-se três repetições, para realização de análises da silagem e extração dos óleos. Pelos resultados obtidos, verificou-se que todas as silagens apresentaram pH inferior a 4,5. Os maiores valores de malonaldeído/kg nas silagens e rendimento de óleo bruto ocorreram no tratamento 100% vísceras. Os melhores resultados de: rendimento do óleo purificado, absorvância, índice de peróxido, índice de saponificação e índice de acidez foram obtidos no tratamento 100% de cabeças. Em relação a composição química: para todos os tratamentos a umidade nas farinhas foi abaixo de 9%; maior percentagem de extrato etéreo e os menores teores de proteína bruta, cinzas e cálcio ocorreram no tratamento 100% de vísceras. O tratamento 100% cabeças apresentou os maiores teores de cinzas e cálcio e menores teores de extrato etéreo. Para proteína bruta, os maiores teores ocorreram no tratamento 100% de carcaças. Pelos resultados das análises microbiológicas não foi detectado a presença de micro-organismos nos tratamentos.

Palavras-chave: Resíduo de peixe. Óleo de peixe. Óleo bruto. Óleo purificado. Farinha desengordurada. Tempo de armazenamento.

ABSTRACT

In this work aimed to extract oils from different types of waste from tilapia filleting by acid silage using the Soxhlet method and its characterization before and after purification by means of physical-chemical and microbiological analyzes, besides the flour characterization resulting from this process. To obtain the acidic silage was used different residues, which were divided into five treatments: T1- 100% viscera, T2 - 100% head, T3 - 100% carcass, T4 - 30% head + 70% carcass and T5 - 15% viscera + 20% head + 47% carcasses + 15% skin + 3% scales. For each treatment were used ground fish waste adding 5% acetic acid and 0.1% p/p of BHT/kg. After each treatment it was placed in 8 tubes (silos) 100 mm 40 cm of height totalizing of 40 tubes. Analyses were performed on days 0, 7, 14, 21, 28, 60 and 90 days, and in each period the samples were removed from the eight tubes of each treatment, which were homogenized and from this composite sample withdrew three replications to carry out analyzes of silage and oils extraction. By the results, it was found that all silages had pH below 4.5. The highest values of malondialdehyde/kg in silage and crude oil yield occurred in the treatment 100% viscera. The best results: purified oil yield, absorbance, peroxide level, saponification and acid level were obtained in the treatment 100% heads. Regarding, the chemical composition: for all treatments the moisture in flour was below 9%; higher percentage of ether extract and the lower levels of crude protein, ash and calcium occurred in the 100% of viscera. Treatment 100% heads had the highest levels of ash and calcium and lower levels of ether extract. For crude protein, the highest levels occurred in the treatment 100% of carcasses. The results of the microbiological analyzes was not detected the microorganisms presence in the treatments.

Keywords: Fish waste. Fish oil. Crude oil. Purified oil. Defatted flour.
Storage time.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Componentes necessários à manipulação do meio PCA (Ágar padrão para Contagem) e suas respectivas quantidades.....	51
Tabela 2	Componentes necessários à manipulação do meio BDA-cloranficol (Batata-Dextrose-Ágar-Cloranficol) e suas respectivas quantidades.....	52
Tabela 3	Análises microbiológicas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	71
Tabela 4	Valores médios da temperatura das biomassas ensiladas (silagens ácidas) de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápia em diferentes tempos de armazenamento.....	74
Tabela 5	Valores médios de pH de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	76
Tabela 6	Valores médios de malonaldeídos (mg/kg) obtidos de amostras das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	79
Tabela 7	Índices de peróxido (meq/kg) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	88
Tabela 8	Índices de peróxido (meq/kg) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	89
Tabela 9	Índices de saponificação (mgKOH. g ⁻¹) de óleo bruto obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	93

Tabela 10	Índices de saponificação (mgKOH. g ⁻¹) dos óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	94
Tabela 11	Índices de acidez (% em ácido oleico) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	97
Tabela 12	Índices de acidez (% em ácido oleico) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	98
Tabela 13	Índices de iodo (gI/100g) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	103
Tabela 14	Índices de iodo (gI/100g) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	103
Tabela 15	Valores médios (%) de umidade das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	119
Tabela 16	Valores médios (%) dos teores de extrato etéreo das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	121
Tabela 17	Valores médios (%) dos teores de proteína bruta das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	124
Tabela 18	Valores médios (%) dos teores de cinzas das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	127
Tabela 19	Valores médios dos teores de fósforo (%), das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento	130
Tabela 20	Valores médios dos teores de cálcio (%), das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	131

Tabela 21	Valores médios da análise de cor, no parâmetro L^* , das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	133
Tabela 22	Valores médios da análise de cor, no parâmetro a^* , das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	135
Tabela 23	Valores médios da análise de cor, no parâmetro b^* , das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	137
Tabela 24	Valores médios da análise de cor, no parâmetro C , das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	139
Tabela 25	Valores médios da análise de cor, no parâmetro <i>Hue</i> , das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento...	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas do processamento das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações do resíduo da filetagem da tilápia. Matérias-primas: (A) vísceras, (B) cabeças, (C) carcaças, (D) couros. Moagem: (E) vísceras, (F) cabeças, (G) carcaças e (H) carcaça + couro + escamas. Silagens, (I) T5 - 15% vísceras + 20% cabeças +47% carcaças + 15% couro + 3% de escamas, (J) T2 - 100% de cabeça e (K) biomassas ensiladas.....	49
Figura 2	Foto dos tratamentos (T1- 100% de vísceras, T2- 100% de cabeça, T3- 100% de carcaça, T4- 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5- 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas) das silagens ácidas e dos óleos obtidos aos 28 dias de armazenamento.....	55
Figura 3	Fluxograma das etapas do processo de refino.....	56
Figura 4	Foto dos tratamentos (T1-100% de vísceras, T2 - 100% de cabeça, T3 - 100% de carcaça, T4 - 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5- 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas) dos óleos brutos, degomados, neutralizados e branqueados (purificados), obtidos aos 28 dias de armazenamento.....	58
Figura 5	Diferentes frações sólidas recuperadas do processo de extração de óleo de silagens ácidas elaboradas com diferentes resíduos da filetagem de tilápias, durante os diferentes períodos de armazenamento. T1 - farinha 100% vísceras, T2 - farinha 100% cabeça, T3 - farinha 100% carcaça, T4 - farinha 30% cabeça + 70% carcaça e T5 - farinha 15% vísceras + 20% cabeças + 47% carcaças + 15% de couro + 3% escamas.....	64
Figura 6	Equações de regressão para temperatura das biomassas ensiladas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	75
Figura 7	Equações de regressão para os valores de pH das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	77
Figura 8	Equações de regressão para concentração média estimada de malonaldeídos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	80
Figura 9	Rendimentos dos óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos de silagem ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento (g/100/g da matéria-prima).....	83
Figura 10	Absorbâncias de óleos brutos (A) e purificados (B) obtidos de silagem ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da	

	filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	86
Figura 11	Equações de regressão para os valores médios de índice de peróxido para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	91
Figura 12	Equações de regressão para os valores médios de índice de saponificação para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	95
Figura 13	Equações de regressão para os valores médios de índice de acidez para os óleos brutos, obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	99
Figura 14	Equações de regressão para os valores médios de índice de iodo para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	105
Figura 15	Perfil de ácidos graxos do padrão Supelco TM 37 FAME MIX, onde cada pico do Figura é representado por um ácido graxo, identificado pelo tempo de retenção.....	107
Figura 16	Perfil de ácidos graxos saturados, mono e poli-insaturados nos óleos brutos T1 (100% vísceras) obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	107
Figura 17	Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T2 (100% cabeças de tilápia), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	109
Figura 18	Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T3 (100% carcaças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	110
Figura 19	Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T4 (30% cabeça + 70% carcaça), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	110
Figura 20	Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-	

	insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T5 (15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	111
Figura 21	Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, no óleo purificado T1(100% vísceras), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	113
Figura 22	Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T2 (100% cabeças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	114
Figura 23	Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T3 (100% carcaças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	114
Figura 24	Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T4 (30% cabeça + 70% carcaça), em diferentes tempos de armazenamento obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	115
Figura 25	Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T5 (15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	116
Figura 26	Equação de regressão para os valores médios de umidade das farinhas oriundas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	119
Figura 27	Equações de regressão para os teores de extrato etéreo das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento. (T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas.....	122
Figura 28	Equações de regressão para os teores de proteínas brutas das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	125

Figura 29	Equações de regressão para os teores de cinzas (%) das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça).....	128
Figura 30	Equação de regressão para os valores médios dos teores de cálcio das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.....	131
Figura 31	Equações de regressão para os valores médios de L* das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. (T1 - farinha 100% de vísceras e T3 - farinha 100% de carcaça).....	134
Figura 32	Equações de regressão para os valores médios de a* das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.*T2 farinha 100% de cabeça, T3- farinha 100% de carcaça.....	136
Figura 33	Equação de regressão para os valores médios de b* das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento (T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).....	138
Figura34	Equação de regressão para os valores médios de C* das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. *T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas.....	140
Figura 35	Equações de regressão para os valores médios do ângulo Hue das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.*T3 farinha 100% de carcaça e T5 farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).....	142

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

a*	Intensidade das cores vermelho a verde
AG	Ácidos graxos
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
AOCS	American oil chemists' society
AVC	Acidente vascular cerebral
b*	Intensidade das cores amarelo a azul
BDA	Cloranfinicol (batata-dextrose-ágar-cloranfinicol)
BHT	Butil hidroxitolueno, C ₁₅ H ₂₄ O
BOD	Biochemistry oxygen demand
C 12:0	Ácido láurico
C 13:0	Ácido tridecílico
C 14:0	Ácido mirístico
C 14:1	Ácido miristoleico
C 15:0	Ácido pentadecílico
C 15:1	Ácido pentadecenoico
C 16:0	Ácido palmítico
C 16:1	Ácido palmitoleico
C 17:0	Ácido margárico
C 17:1	Ácido margaroleico
C 18:0	Ácido esteárico
C 18:1 n-9c	Ácido oleico cis
C 18:1 n-9t	Ácido oleico trans (Ácido elaídico)
C 18:2 n-6	Ácido linoleico
C 18:2 n-6c	Ácido linoleico cis
C 18:2 n-6t	Ácido linoleico trans (Ácido linolelaídico)
C 18:3	Ácido linolênico
C 18:3 n-3	Ácido α-linolênico
C 20:1	Ácido gadoleico
C 20:2	Ácido eicosadienoico
C 20:3 n-3	Ácido di-homo-α-linolênico
C 20:4 n-6	Ácido araquidônico
C 20:5 n-3	Ácido timnodônico
C 21:0	Ácido heneicosoico
C 22:0	Ácido behênico
C 22:1 n-9	Ácido erúcico
C 22:6 n-3	Ácido cervônico
C 23:0	Ácido tricosanoico
CIE	Comission Internationate de L'Eclairage
CMS	Carne mecanicamente separada
CV	Coefficiente de variação

DCA	Departamento de Ciência Dos Alimentos
DHA	Docosaexaenoico
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
EFSA	European Food Safety Authority
EPA	Eicosapentaenoico
HCl	Ácido clorídrico
IAL	Instituto Adolfo Lutz
KCl	Cloreto de Potássio
LDL	Low density lipoproteins
L*	Luminosidade
LNA	Alfa-linolênico
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
n-3	Ômega-3
n-6	Ômega-6
NaOH	Hidróxido de sódio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCA	Ágar Padrão para UV Contagem
pH	Potencial Hidrogeniônico
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
SISVAR	Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos
SOFIA	State of Word Fisheries and Aquaculture
T1	Tratamento com 100% de vísceras,
T2	Tratamento com 100% de cabeça
T3	Tratamento com 100% de carcaça,
T4	Tratamento com 30% de cabeça + 70% de carcaça
T5	Tratamento com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas
TBA	Ácido tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
UFC/g.	Unidade de formação de colônias
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UNIFENAS	Universidade José do Rosário Vellano
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	25
2.1	Produção de pescado mundial e brasileira.....	25
2.2	Composição química e valor nutricional do pescado.....	26
2.3	A Tilápia.....	28
2.4	Resíduos gerados na filetagem e os problemas de descarte.....	30
2.5	Aproveitamento dos resíduos da filetagem de Tilápia	32
2.5.1	Aproveitamento para alimentação humana.....	32
2.5.2	Aproveitamento para alimentação animal.....	35
2.6	Óleo de peixe.....	40
2.7	Farinha de peixe.....	44
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3.1	Matéria-prima.....	48
3.2	Obtenção e caracterização de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias.....	48
3.2.1	Características sensoriais das silagens ácidas.....	50
3.2.2	Análises microbiológicas.....	50
3.2.3	Temperatura ambiente.....	52
3.2.4	Temperatura no interior da biomassa.....	52
3.2.5	pH.....	52
3.2.6	Oxidação Lipídica.....	53
3.2.7	Análises estatísticas	53
3.3	Obtenção e caracterização do óleo bruto a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias.....	53
3.3.1	Caracterização do óleos: bruto e purificado.....	56
3.3.1.1	Rendimento do óleo bruto.....	56
3.3.1.2	Processo de purificação do óleo bruto.....	56
3.3.1.3	Rendimento do óleo purificado.....	57
3.3.1.4	Absorbância.....	58
3.3.1.5	Índice de peróxido.....	59
3.3.1.6	Índice de saponificação.....	59
3.3.1.7	Índice de acidez.....	59
3.3.1.8	Índice de refração.....	60
3.3.1.9	Índice de iodo.....	60
3.3.1.10	Perfil de ácidos graxos.....	60
3.3.1.11	Análises microbiológicas.....	62
3.3.1.12	Análises Estatísticas.....	62
3.4	Obtenção e caracterização das farinhas oriundas do processo	

	de extração do óleo, a partir de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápias.....	63
3.4.1	Caracterização das farinhas.....	64
3.4.1.1	Composição química.....	65
3.4.2	Determinação da cor.....	67
3.4.3	Análises microbiológicas.....	68
3.4.4	Análises estatísticas.....	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1	Caracterização de silagens ácidas.....	69
4.1.1	Características sensoriais.....	69
4.1.2	Análises microbiológicas das silagens ácidas.....	70
4.1.3	Temperatura ambiente.....	72
4.1.4	Temperatura das diferentes biomassas ensiladas.....	73
4.1.5	Potencial hidrogeniônico (pH) da silagem.....	75
4.1.6	Oxidação Lipídica das silagens ácidas.....	78
4.2	Caracterização dos óleos obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.....	82
4.2.1	Rendimento do óleo bruto e purificado.....	82
4.2.2	Absorbância.....	85
4.2.3	Índice de peróxidos (IP).....	87
4.2.4	Índice de saponificação.....	92
4.2.5	Índice de acidez.....	97
4.2.6	Índice de refração.....	100
4.2.7	Índice de iodo.....	101
4.2.8	Perfil de ácidos graxos.....	106
4.2.9	Análises microbiológicas.....	117
4.3	Caracterização das farinhas obtidas do processo de extração do óleo a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias.....	118
4.3.1	Composição química.....	118
4.3.2	Determinação dos minerais cálcio e fósforo nas farinhas	129
4.3.3	Análise da cor.....	132
4.3.4	Análises microbiológicas nas farinhas	142
5	CONCLUSÕES.....	143
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
	REFERÊNCIAS.....	145
	ANEXOS.....	168

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção global de pescado, a qual engloba a pesca extrativista e a aquicultura, aumentou expressivamente, sendo que, a China liderou a lista de países com maiores produções seguida pela Índia, Vietnã e Indonésia. A produção de pescado brasileira quando observado o *ranking* nas Américas, ocupa o 2º lugar ficando abaixo do Chile.

Dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2014) indicam que o consumo de pescado no Brasil ultrapassou o mínimo recomendado pela OMS (Organização Mundial da Saúde) que é de 12 quilos por habitante ao ano. De acordo com dados da MPA a média por habitante/ano no país alcançou 14,50 quilos em 2013, embora ainda seja inferior ao consumo *per capita* a nível mundial, visto que, segundo a Food and Agriculture Organization - FAO (2014) este foi superior a 19 kg/habitante/ano em 2012.

Dentre os pescados mais cultivados no mundo, tem-se a espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que apresenta fácil reprodução, carne branca de excelente qualidade, ausência de espinhos em forma de “Y”, ótimo valor de mercado, baixos custos de produção e se adapta aos sistemas de cultivo desde os mais extensivos até os mais intensivos, podendo ser cultivada em águas com salinidades elevadas e temperaturas baixas.

Os principais componentes da carne da tilápia do Nilo são: umidade (75,00 a 81,80%), proteínas (14,81 a 21,00%), lipídeos (0,99 a 3,99%) e cinzas (0,80 a 2,40%) e devido a estes valores, a tilápia é considerada um peixe magro e com bom nível de proteína muscular. Com relação ao aspecto nutricional, a tilápia apresenta um balanceamento de aminoácidos essenciais rico em lisina, sendo este um aminoácido limitante em cereais como arroz, milho e farinha de trigo. O músculo do peixe apresenta teor elevado de proteínas miofibrilares e baixo teor de proteínas do estroma, sendo a conjugação destas a menos

compacta, originando uma estrutura mais frágil que os músculos de mamíferos. Entretanto, a vantagem da ingestão do peixe, é a maior digestibilidade, quando comparada à carne bovina. Mas em contrapartida, é mais perecível, sendo degradada mais facilmente por bactérias.

Os resíduos gerados do processamento da tilápia na produção dos filés podem chegar até 67% da matéria-prima total. Esses resíduos geralmente são constituídos por cabeças, carcaças, pele, vísceras, barbatanas, além de aparas da toaleta antes do enlatamento, carne escura e peixes fora do tamanho ideal para consumo. Esses resíduos são ricos em materiais orgânicos e inorgânicos, mas se forem lançados ao meio ambiente, sem tratamento prévio, podem poluir os recursos naturais como o ar, a água e o solo. Além da questão ambiental, atenção especial deve ser dada à qualidade nutricional dos resíduos de pescado, os quais, devidamente manipulados, constituem excelentes fontes de nutrientes de baixo custo.

Buscando alternativas tecnológicas viáveis com valor agregado para o aproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento de pescados, as indústrias alimentícias têm demonstrado interesse em desenvolver novos produtos que possibilitem o melhor aproveitamento da matéria-prima, como exemplo, a extração de óleos, a produção de silagem e vários outros produtos. Assim, é de suma importância o desenvolvimento de novas tecnologias com geração de novos produtos, visando principalmente à utilização dos resíduos de pescados para alimentação humana, pois, atualmente a maior parte ainda se destina à produção de alimentos para animais.

Dos coprodutos do pescado o que ganha mais atenção é o óleo, devido à quantidade relativamente grande de ácidos graxos ômega-3, presentes em sua composição química. Nos humanos, os ácidos graxos ômega-3 são essenciais para o desenvolvimento e funcionamento de certos órgãos e também para algumas respostas bioquímicas e fisiológicas do organismo. Existem estudos que comprovam esses efeitos benéficos para a saúde, podendo assim reduzir o risco

de doença cardíaca coronária e possivelmente reduzir a susceptibilidade à doença inflamatória alérgica e imunológica, entre outros benefícios, assim como auxiliar no tratamento, sintomas de menopausa e prevenção de câncer.

A extração de óleo de pescado para utilização direta na cadeia alimentar humana, precisa ser aperfeiçoada, pois os óleos brutos obtidos para consumo animal apresentam impurezas e outros compostos, o que podem torná-los inadequados para o consumo humano, gerando limitações na aplicação industrial. Com isso, faz-se necessário submetê-los a processos de modificação para que as características físico-químicas sejam alteradas, a fim de se produzir um óleo estável e purificado.

Vale ainda ressaltar que no processo de extração do óleo são gerados grandes volumes de resíduos sólidos com alto valor nutricional que podem ser utilizados para produção de farinhas de pescado. Sabe-se que a produção mundial de farinha de peixe atende apenas 50% da quantidade necessária para confecção de rações para os organismos aquáticos. Nesse sentido a utilização de metodologias adequadas para o aproveitamento total desses resíduos, com alta qualidade, além de reduzir o impacto ambiental, agrega valor ao subproduto.

Diante desse contexto, no presente trabalho objetivou a extração de óleos de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio de silagem ácida, utilizando o método Soxhlet (hexano como solvente) e sua caracterização antes e após a purificação por meio de análises químicas, físicas e microbiológicas, bem como a caracterização do seu produto remanescente (farinha).

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de pescado mundial e brasileira

De acordo com *The State of World Fisheries and Aquaculture*, editado pela FAO no ano de 2012, a produção mundial de pescado, que engloba a pesca extrativista e a aquicultura, foi de aproximadamente 158 milhões de toneladas. No mesmo ano, a China foi responsável por 60% desta produção, liderando a lista dos países com as maiores produções de pescado seguida pela Índia, Vietnã e Indonésia. Já o Brasil, neste mesmo período ocupou a 12ª posição com uma produção de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas de pescado (SOFIA, 2014).

Entretanto, quando observada a produção de pescado continental não extrativista dos países da América do Sul, o Brasil ocupa o 2º lugar ficando apenas abaixo do Chile (MATIAS, 2014). O país, além da vasta quantidade de terras, possui a maior reserva de água doce do planeta, com mais de 8 mil km³, tem um litoral com 7,4 mil km de extensão (BRASIL 2012). Contudo, o aproveitamento desses recursos para a produção aquícola ainda está muito aquém de seu potencial (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a média de consumo de pescado por habitante/ano no país alcançou 11,17 quilos em 2011, (14,5% a mais do que em relação ao ano anterior) e ultrapassou o mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (12 quilos por habitante ao ano). De acordo com dados da MPA, a média de consumo por habitante/ano no país alcançou 14,50 quilos em 2013, sendo, entretanto inferior ao consumo médio mundial que, segundo a FAO (2014), foi superior a 19 kg/habitante/ano em 2012.

O aumento de interesse por pescado nos últimos tempos está relacionado ao seu valor nutricional e à divulgação de estudos que o associam com melhorias para a saúde (BURGER, 2008).

O desenvolvimento sustentável tem levado todas as nações a buscar um equilíbrio entre o crescimento e a proteção dos recursos naturais. Nesse contexto a aquicultura, apresenta-se como atividade economicamente emergente que nos últimos anos tem como um dos desafios adequar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores à produção de conhecimento e às práticas do setor (ELER; MILLANI, 2007).

2.2 Composição química e valor nutricional do pescado

O pescado é um alimento que sempre se destaca pela quantidade e qualidade de suas proteínas, e também por conter vitaminas, minerais e principalmente pelo seu tipo de gordura predominante, e pela composição em ácidos graxos (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Em geral, o pescado tem um conteúdo médio-baixo de gordura (0,1 a 7%), parte dessa gordura apresenta elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados, os quais possuem número de duplas ligações maior ou igual a 2, principalmente das séries (ou famílias) ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6), sendo o ácido alfa linolênico (ALA - 18:3n-3) e o ácido linoleico (LA - 18:2n-6), precursores dos demais ácidos das séries n-3 e n-6, respectivamente. Ambos são essenciais, ou seja, não são sintetizados pelo organismo humano, sendo necessária sua ingestão na dieta. O consumo desses lipídios é associado à redução do risco de doenças cardiovasculares e às funções importantes nas fases iniciais do desenvolvimento humano (BADOLATO et al., 1994; SARTORI; AMANCIO, 2012).

As proteínas de pescado apresentam elevado valor nutricional, com digestibilidade ao redor de 90%, coeficiente de eficiência proteica superior ao da caseína (2,9), sendo o escore químico de aminoácidos de 100% para diferentes peixes de água doce (EL; KAVAS, 1996).

Segundo Suzuki (1987), as proteínas no pescado podem ser divididas em dois grupos, baseado na solubilidade. Cerca de 10 a 20% das proteínas do

músculo de peixe são proteínas sarcoplasmáticas solúveis em água, encontradas principalmente no plasma celular. Ao redor de 70 a 80% são proteínas estruturais designadas de miofibrilares, solúveis em soluções salinas e formadoras das miofibrilas, responsáveis pela atividade muscular, e são compostas principalmente pela actina e miosina. Cerca de 2 a 3% das proteínas estruturais são insolúveis em soluções salinas e formam o tecido conectivo, sendo compostas principalmente pelo colágeno. As proteínas miofibrilares são responsáveis pela capacidade de retenção de água e emulsificação nos músculos de pescados (KUHN; SOARES, 2002).

Estudos epidemiológicos confirmaram os efeitos benéficos da carne de peixe e mostraram que além dos esquimós, outras populações que consumiam quantidade superior de peixe, apresentavam menor incidência de doenças cardiovasculares em relação à população com ingestão inferior desse alimento (SIMOPOULOS, 1991). No Brasil, os autores têm concentrado suas análises sobre consumo de pescado com base em dados obtidos em localidades da região Norte, que apresenta elevada disponibilidade do alimento em relação às demais regiões brasileiras.

Até a década de 1970 poucos pesquisadores analisaram os efeitos dos ácidos graxos ômega-3 na saúde humana. Em 1978 e 1979, Dyerberg e Bang (1979) e Dyerberg et al. (1978), respectivamente, divulgaram o papel do ácido graxo eicosapentaenoico (EPA) na prevenção de ataques cardíacos, devido à ação antitrombótica e aumento no tempo de coagulação e seus efeitos na diminuição da concentração do colesterol sérico (SIMOPOULOS, 1991).

As evidências mais fortes de um efeito benéfico dos ácidos graxos ômega-3 estão relacionadas com doenças cardíacas. Kris-Etherton et al. (2002) reuniram estudos epidemiológicos e testes clínicos e concluíram que a suplementação de EPA+DHA entre 0,5 e 1,8 g por dia (tanto como gordura de

peixe, quanto na forma de suplemento alimentar) reduziu significativamente o risco de morte por essas doenças.

Segundo os referidos autores, os testes clínicos demonstraram a relação entre ácidos graxos ômega-3 e a redução de eventos cardíacos, AVC e infarto do miocárdio (não fatal) e o retardo no progresso da aterosclerose em pacientes cardíacos. Leaf (2007) reuniu trabalhos científicos que mostraram que o consumo frequente de peixe aparentemente reduz o número de mortes causadas por doenças cardiovasculares, como as arritmias. Segundo o autor, ácidos graxos ômega-3 também contribuem para a diminuição da pressão sanguínea e do ritmo cardíaco (melhora da circulação sanguínea) e, em maior dosagem, atuam na diminuição do teor de triglicérides e podem interromper inflamações, que desempenham importante função no desenvolvimento de aterosclerose.

Os teores de cinzas nos peixes de água doce apresentam variações que vão desde 0,1 a 3,3% (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002). Para Borgstrom (1962) essa diferença no conteúdo de minerais se dá devido ao estado em que o peixe é analisado, ou seja, se é analisado inteiro, com ou sem as “espinhas” ou com ou sem pele.

A carne de pescado é considerada uma fonte valiosa de cálcio e fósforo em particular, apresentando também quantidades razoáveis de sódio, potássio, manganês, cobalto, zinco, ferro e iodo. De acordo com Contreras-Guzmán (2002), peixes de água doce contêm, eventualmente, teores mais baixos de sódio e potássio quando comparados a variedades de água salgada.

2.3 A Tilápia

Segundo a FAO (2010), o Brasil apresenta a maior produção de tilápias quando comparado aos países da América Latina.

O nome Tilápia é dado a três dos principais gêneros de peixes da família Cichlidae, de origem africana e de locais do oriente médio. Dos gêneros *Sarotherodon*, *Tilápia* e *Oreochromis*, o último se destaca como o de maior

importância para a aquicultura mundial. Dentre as mais de 100 espécies de “tilápias” conhecidas, mais importante para a aquicultura é a *Oreochromis niloticus* (WATANABE et al., 2002).

As características adaptativas nos mais diversos ambientes aquáticos, a espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresenta facilidade de reprodução e obtenção de alevinos, aceitação de diversos alimentos, resistência às doenças, carne branca de excelente qualidade, ausência de espinhos em forma de “Y”, ótimo valor de mercado, baixos custos de produção e se adapta aos sistemas de cultivo desde os mais extensivos até os mais intensivos, podendo ser cultivada em águas com salinidades elevadas e temperaturas baixas (SIMÕES et al., 2007).

Segundo De Oliveira Filho (2009), os principais componentes da carne da tilápia do Nilo são: umidade (75,00 a 81,80%), proteínas (14,81 a 21,00%), lipídeos (0,99 a 3,99%) e cinzas (0,80 a 2,40%) e devido esses valores, a tilápia é considerada um peixe magro e com bom nível de proteína muscular.

Com relação ao aspecto nutricional, a tilápia apresenta um balanceamento de aminoácidos essenciais, rico em lisina, que é um aminoácido limitante em cereais como arroz, milho e farinha de trigo (MINOZZO; WASZCZYNSKYJ; BEIRÃO, 2004). Segundo esse mesmo autor, o músculo do peixe apresenta teor elevado de proteínas miofibrilares e baixo teor de proteínas do estroma, sendo a conjugação destas, menos compacta, razão por ser mais frágil que os músculos de mamíferos. Entretanto, a vantagem da ingestão do peixe é a maior digestibilidade, quando comparada a do gado, mas em contrapartida mais perecível, pois é degradada facilmente por bactérias.

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) tem sido submetida a vários estudos de aproveitamento, principalmente objetivando aumentar seu consumo. Na obtenção do filé, que é o principal produto para a comercialização, grandes quantidades de resíduos são produzidas e como o rendimento em filé é

considerado baixo (30 a 35%), a porcentagem de resíduo gerado é em torno de 65% (GARDUÑOLUGO et al., 2003).

2.4 Resíduos gerados na filetagem e os problemas de descarte

Desde a produção até a comercialização no varejo são geradas quantidades significativas de resíduos nas diversas etapas da cadeia produtiva da indústria de alimentos. Nesse sentido, as indústrias alimentícias vêm sofrendo uma tendência mundial que é a crescente pressão para se tornarem mais responsáveis em relação aos cuidados sobre as repercussões que sua produção de resíduos pode causar ao meio ambiente. Com isso, é necessário viabilizarem formas diferentes de utilização destes (AGUIAR; GOULART, 2013).

Nos últimos tempos diferentes trabalhos foram surgindo com diferentes métodos de processamento de filés no intuito de aumentar o rendimento e reduzir a quantidade de resíduos. Em vários estudos realizados pode-se observar que o abate e o processamento mínimo do pescado geram grandes quantidades de resíduos, que, quando mal empregados, são desvalorizados pela indústria e, como consequência, aumentam o impacto ambiental se descartados indevidamente, causando sérios problemas de poluição ambiental (BENITES, 2003; BOSCOLO, 2004; FERRAZ DE ARRUDA et al., 2009).

Os processamentos industriais de pescados fornecem além de alimentos nutritivos, uma grande quantidade de resíduos, que são subprodutos e sobras do processamento de alimentos que não apresentam alto valor econômico. No Brasil, o aproveitamento de resíduos de pescados é pequeno, sendo que aproximadamente 50% da biomassa é descartada durante o processo de enlatamento ou em outras linhas de produção. Na matéria-prima descartada estão incluídos os peixes pouco comuns e de baixa aceitabilidade no mercado, peixe fora do tamanho ideal, carnes escuras e representadas principalmente por

cabeças, vísceras, escamas, espinhas, nadadeiras e caudas (MINOZZO; HARACEMIV; WASZCZYNSKI, 2008; OETTERER, 1994).

Estudo sobre avaliação do resíduo do processamento de pescados para o desenvolvimento de coprodutos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva chama atenção para a importância do emprego de tecnologias adequadas ao material residual que seria desperdiçado convertendo-os em produtos comerciais ou matéria-prima para processos secundários e a consequente redução de custos e de problemas de poluição ambiental, além de aumentar a eficiência de produção (SUCASAS, 2011).

Estudos realizados por Macedo-Viegas, Souza e Kronka (1997) avaliando rendimento da carcaça de tilápia verificaram o rendimento de tilápias em diferentes categorias de peso sendo de 86,27% a 92,24% com cabeça, 59,13% a 63,69% sem cabeça e o rendimento do filé sendo de 32,15% a 40,39%. O mesmo estudo avaliou os resíduos gerados pelo abate e filetagem, onde encontraram nas mesmas categorias de peso da tilápia, 45,34% a 49,99% de resíduo para farinha de peixe e 17,59% a 22,25% de polpa de tilápia. Simões et al. (2007), também verificaram resíduos gerados pela filetagem de tilápias, os quais obtiveram rendimento de 70,85% de carcaça sem cabeça; 21,63% de filé com pele; 17,38% de filé; 3,68% de pele bruta; 29,14% de cabeça e 26,71% de espinha. Segundo Souza, Macedo-Viegas e Kronka (1999), o rendimento de filé de tilápia fica em torno de 33%, dependendo do tipo de filetagem, assim, aproximadamente, 70% correspondem aos resíduos do processamento, sendo descartados como efluente de indústria.

O aumento do consumo de pescado no Brasil poderá acontecer com o incremento da aquicultura e melhor organização nos processos de produção, beneficiamento e comercialização e, uma alternativa interessante para aumentar o consumo de tal fonte proteica, seria por meio da diversificação na linha de

processamento, através da elaboração de novos produtos e subprodutos, que oferecem ao consumidor mais opções de escolha (DE OLIVEIRA FILHO, 2009).

2.5 Aproveitamento dos resíduos da filetagem de Tilápia

Os resíduos gerados durante a industrialização do pescado quando não destinados de forma correta acarretam grandes impactos ambientais. Por outro lado, quando ocorre o aproveitamento de seu potencial tecnológico geram lucro, devido agregação de valor ao subproduto e benefício ao meio ambiente (AGUIAR; LIMBERGER; SILVEIRA, 2014).

Nesse sentido, o aproveitamento das sobras comestíveis das operações tradicionais de filetagem ou de corte em postas de pescado assume grande importância, pois além de baixar os custos dos principais insumos, minimiza os problemas de produção e o custo unitário das matérias-primas, quando comparados aos produtos acabados (OETTERER, 2002).

Existem diversas formas de aproveitamento dos resíduos de pescado, como, extração de colágeno (escamas e peles) para a indústria farmacêutica e alimentícia, produção de polpa e farinha de pescado para fabricação de produtos semiprontos, cozinha institucional como as de merenda escolar, restaurantes universitários, restaurantes de empresas, hospitais, presídios, obtenção de óleo para o consumo humano e animal e ainda na produção de diferentes tipos de silagens para consumo animal (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

2.5.1 Aproveitamento para alimentação humana

O consumidor cada dia se torna mais exigente, com isso, as indústrias vêm buscando se adequar a essa realidade, investindo na qualidade de seus produtos, garantindo ao consumidor produtos que satisfaçam suas necessidades com qualidade e segurança (PACHECO et al., 2004).

Os tecidos do peixe são mais frágeis em relação aos de outros animais, o que facilita sua decomposição por enzimas e bactérias. Um dos fatores ligados também a essa deterioração é devido sua composição química, tipo de captura e época do ano, condições de consumo, teor de gorduras insaturadas facilmente oxidáveis, e principalmente seu pH próximo da neutralidade (BARROS, 2003; NICKELSON II; MACCARTHY; FINNE, 2001; PACHECO et al., 2004).

A viabilidade do aproveitamento dos resíduos do peixe visando à produção de alimentos para o consumo humano depende, fundamentalmente, da qualidade da matéria-prima, tendo em vista que a perecibilidade do tecido dos peixes é maior que a de outras espécies animais, bem como a qualidade está diretamente relacionada aos cuidados na manipulação e conservação do peixe a baixas temperaturas, em toda a cadeia produtiva e com a aplicação de procedimentos adequados de limpeza e sanitização da planta de processamento (CARDOSO; BORGES; SERAFINI, 2003; GALVÃO; OETTERER, 2014; NUNES, 2001).

Entre as bactérias que concorrem para a putrefação e degradação do pescado incluem: *Pseudomas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, entre outras. Além dessas, podem ser encontradas outras bactérias, como os coliformes, *Salmonella*, *Staphylococcus*. A presença desses micro-organismos está relacionada com a matéria-prima, cuidados higiênicos das pessoas e locais onde são manipulados os alimentos, estocagem incorreta durante o processamento e comercialização (OETTERER, 2002).

Um método de aproveitamento de resíduo de pescado é a extração de Carne Mecanicamente Separada (CMS). Esse processo apresenta maior recuperação da carne em relação à obtida pelos métodos tradicionais de filetagem. Existem vários estudos que utilizam a CMS de resíduos da filetagem da tilápia como matéria-prima para obtenção de vários produtos como: surimi, elaboração de embutidos salsicha e mortadela, patê, empanados, análogo de camarão, dentre outros (KIRSCHNIK, 2007; MINOZZO, 2005).

Trabalho realizado por Fukushima et al. (2014), com objetivo de avaliar empanados elaborados com CMS de resíduos provenientes da filetagem de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com adição de diferentes concentrações de filé, observaram em seus resultados que a elaboração de empanados utilizando a CMS pode ser um importante meio de aproveitar e agregar valores aos subprodutos do beneficiamento do pescado, proporcionando um produto saboroso de alto valor nutricional, além de contribuir para a redução do impacto ambiental.

Fabício et al. (2013) em seus estudos com caldos em cubos compactados, explorando as características nutricionais da pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*), visando um novo produto para o mercado de temperos, além de contribuir para um correto destino de resíduos da indústria pesqueira, observou que a composição centesimal dos temperos contendo espécies tilápia e pirambeba não apresentaram grandes diferenças, o que comprova que outros peixes ou resíduos da indústria pesqueira também podem contribuir para a fabricação de caldos. Em relação ao caldo comercial, este apresentou menor variedade de ácidos graxos poli-insaturados, além de baixo teor dos minerais cálcio e fósforo e maior de extrato etéreo quando comparados com os caldos de peixe elaborados.

Freitas et al. (2002), avaliaram em seus estudos o perfil de lipídios totais, ácidos graxos e colesterol em resíduos desidratados de camarão e observaram que dos ácidos graxos analisados o mais considerável foi o ácido oleico, que é monoinsaturado. Dos ácidos graxos poli-insaturados, os mais representativos foram os DHA e os EPA, os quais apresentam importância para a saúde humana.

Stevanato et al. (2007), estudando farinha de cabeça de tilápia verificaram que a inclusão da farinha na sopa aumentou a concentração de todos os ácidos graxos ômega-3, em especial os ácidos LNA (alfa-linolênico), EPA (eicosapentaenoico), DHA (decohexaenoico), que são de interesse nutricional.

Centenaro et al. (2007), estudando alimentos enriquecidos com farinha de polpa de peixe observaram que o enriquecimento de pão com proteínas de pescado apresentou boa aceitação sensorial, apesar das características tecnológicas terem sido prejudicadas quando se adicionou mais de 3 % de polpa seca nos pães. Também, observaram que houve um aumento considerável do conteúdo proteico, a partir de uma espécie de pescado de baixo valor comercial, contribuindo para o enriquecimento proteico de produtos de panificação.

Já estudos de Maluf et al. (2010) demonstraram, a partir dos resultados obtidos no trabalho, que o macarrão preparado com farinha de carne de pescado defumado apresentou valor proteico de 15,21%, sendo superior ao limite da legislação, que exige o mínimo de 8%.

Reis (2013), com objetivos de caracterizar macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de pescado por meio de análises químicas e físicas, bem como a qualidade tecnológica dos espaguetes contendo os diferentes níveis de farinha de polpa de tilápia em substituição à farinha de trigo, verificou que o enriquecimento do macarrão originou produtos com características nutricionais mais expressivas quando comparados ao produto padrão, no que diz respeito ao maior teor de proteína e conteúdo em minerais. Em seus resultados, concluiu que, ao se adicionar farinha da polpa de pescado os macarrões apresentaram melhores qualidades para o atributo textura e que todos os macarrões elaborados com farinha da polpa de pescado apresentaram boa aceitação, quando comparados ao padrão.

2.5.2 Aproveitamento para alimentação animal

No beneficiamento de peixe, os resíduos sólidos são destinados principalmente à alimentação animal, mas podem também ser aproveitados para a produção de fertilizantes ou produtos químicos (CAVALCANTE JÚNIOR et al., 2005; SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

O alto teor proteico encontrado em peixes faz com que o principal destino dos resíduos do beneficiamento seja para a produção de farinha de peixe, para alimentação animal, produto que apresenta cerca de 70% de proteína com a vantagem do baixo custo (ARRUDA et al., 2006; SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

No caso da farinha e do óleo de tilápia são vários os fatores que interferem nos percentuais que são obtidos após o processamento do resíduo. A maior influencia ocorre em relação ao tamanho do peixe e o sistema de produção, sendo os que mais implicam nos resultados finais. Para efeito de cálculos, o processamento de resíduos obtidos de peixes abatidos com até 800g produz, em média, 85% de farinha e 15% de óleo, enquanto peixes abatidos com peso acima de 800g podem gerar um percentual de 70% de farinha e 30% de óleo (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

De acordo com esses mesmos autores, as características de qualidade das farinhas e óleos de tilápia variam em função da matéria-prima utilizada, do controle de qualidade no processamento, das formas de proteção contra oxidação de gorduras e do armazenamento. Para o processamento de resíduos de produtos de origem animal torna-se indispensável à utilização de antioxidantes, cuja dosagem é recomendada de acordo com o princípio ativo e o fabricante.

A silagem de peixe é mais uma das formas de aproveitamento dos resíduos da produção, industrialização e comercialização, sendo um produto líquido que pode ser obtido de peixes inteiros ou partes desses, acrescentados ácidos, enzimas ou bactérias produtoras de ácido láctico, em que a liquefação da massa é originária da ação de enzimas naturalmente presentes no pescado, originando as silagens ácidas, enzimáticas ou biológicas, respectivamente (SALES, 1995).

O princípio da preservação dos resíduos do processamento de pescado utilizando a técnica de silagem deve-se principalmente à redução do pH e à hidrólise proteica da massa residual, por três métodos principais: adição de ácidos

orgânicos e/ou minerais (silagem ácida); processo biológico de fermentação por bactérias lácticas, o qual gera ácido láctico, aumentando, conseqüentemente, a acidez do meio (silagem biológica); e uso de enzimas proteolíticas (silagem enzimática) (BENITES, 2003; GONÇALVES; VIEGAS, 2007).

A tecnologia de obtenção da silagem de peixe é simples e não implica a utilização de maquinários específicos, necessitando apenas de triturador, agitador e recipientes de plástico (silo) o que não exige mão de obra especializada. O produto não exala odores degradáveis, que poluem o ambiente e não atrai insetos, como as moscas, em razão dos odores ácidos, e não apresenta problemas em relação a alguns patógenos, como as salmonelas, entretanto, sendo indicada quando são gerados apenas pequenos volumes de resíduos. Essa restrição se deve a algumas características específicas do produto, dentre as quais, o grau de umidade (VIDOTTI, 2011; VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

O ensilado de pescado é um processo conhecido há muito tempo e consiste basicamente em acidificar o pH da massa triturada, deixando livre a ação das enzimas próprias dos tecidos, que terminam liquefazendo o produto. O ensilado convencional é acidificado a um pH entre 3,9 e 4,2 e, em três dias, à uma temperatura ambiente entre 27 °C a 30 °C, e liquefaz-se satisfatoriamente, restabelecendo a camada de lipídios e conservando a atividade enzimática por muitos meses (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Quando comparada com a obtenção da farinha de peixe, a silagem apresenta vantagens como a simplicidade e praticidade do processo que independe de escala, entretanto, um dos entraves na produção é que o produto é volumoso em sua forma pastosa, mas pode passar por processo de secagem para utilização em rações, na forma desidratada (ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007).

A silagem também apresenta vantagens nutricionais frente à farinha de peixe, permitindo a melhoria do valor nutritivo da matéria-prima em relação ao

aumento da digestibilidade proteica e à presença de lisina e metionina, dentre outros aminoácidos essenciais. Em geral, as silagens são deficientes em triptofano, aminoácido instável em condições ácidas, quando se apresentam na forma livre (ARRUDA et al., 2006; MORALES-ULLOA; OETTERER, 1995).

A investigação dos efeitos do armazenamento sobre as características nutricionais dos produtos ensilados é tão importante quanto saber seu valor nutricional após o preparo. O uso de diferentes tipos de ácidos, matéria-prima, temperatura ou tipo de armazenamento levam à obtenção de produtos finais distintos, tornando-se fundamental a escolha de variáveis que produzam um bom produto ao término do armazenamento (CARMO, 2009).

Vidotti et al. (2004) em seus estudos, observaram que tanto as silagens ácidas como as fermentadas podem ser utilizadas depois de sete dias da sua produção, ou seja, assim que ocorre a estabilização do pH. Porém, na literatura recomenda-se a utilização da silagem somente após 30 dias, quando já ocorreu 80% da hidrólise.

Estudos com silagem fermentada de tilápia cossecas na alimentação de bagre africano revelaram que este produto é adequado como suplemento de proteína na dieta, sendo um método alternativo de aproveitamento de resíduos de peixes, praticado por muitas comunidades de pesca litorâneas e pelas indústrias de peixe enlatado, por apresentar baixo custo de produção e ser ambientalmente adequado (FAGBENRO; JAUNCEY, 1995).

Secco, Stéfani e Vidotti (2002) estudando a utilização de silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápia em dietas para girinos de rã-touro concluíram que esta pode substituir a farinha de peixe em até 50%, sem causar prejuízo no crescimento.

Também Honorato e Carneiro (2003) trabalhando com composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) alimentadas com dietas contendo farinha de peixe e

silagem fermentada de resíduo de tilápia como fontes proteicas, determinaram que a produção dessa silagem pode ser empregada como fonte proteica em dietas de peixes, diminuindo a poluição ambiental e carências de fontes proteicas.

Assano (2004) trabalhando com diferentes fontes de proteína no crescimento da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* verificou que para a engorda de juvenis de tilápia do Nilo, tanto a silagem de peixe quanto a soja integral podem substituir a farinha de peixe, em dietas práticas sem prejudicar o crescimento e a qualidade da carcaça.

Oliveira et al. (2006), em seus estudos com rações experimentais, formuladas com níveis crescentes de silagem de tilápia em substituição à farinha de peixe, observaram que até 40% de substituição à farinha de peixe, a silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias pode ser utilizada, sem prejudicar o desempenho e sem causar mortalidade.

Também Pimenta et al. (2008), realizando experimentos para avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia bruta da silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias e o desempenho produtivo da tilápia alimentada com dietas contendo de 0 a 40% da silagem ácida em substituição à farinha de peixe, observaram que a silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias pode ser utilizada eficientemente pela tilápia e, nos níveis de substituição à farinha de peixe de até 40% não prejudica os índices zootécnicos.

De acordo com Arruda (2004), para um bom aproveitamento da silagem do resíduo do processamento de tilápia é necessário a remoção do excesso do óleo presente no material com a finalidade de aumentar a estabilidade e seu valor nutricional. A oxidação dos lipídios presentes pode causar formação de peróxidos que podem complexar as proteínas com conseqüente destruição dos aminoácidos. Segundo esse autor a centrifugação é a melhor metodologia de extração da fração lipídica presente na silagem, tornando possível aumentar o tempo de estocagem e o nível de inclusão desta na formulação de rações.

Segundo Haard et al. (1985), o óleo de peixe obtido pela centrifugação da silagem de peixe é um valioso sub-produto. O conteúdo de substâncias lipídicas na matéria-prima da silagem é determinante na qualidade final do produto.

2.6 Óleo de peixe

O óleo de pescado é composto por uma variedade de ácidos graxos (saturados, mono e poli-insaturados) contendo os mesmos tipos de ácidos graxos que outros óleos e gorduras, os quais se diferem apenas em relação ao seu conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (FELTES et al., 2010), alto teor de vitaminas, em especial a vitamina A (LANDS, 2005). Apresentam ácidos graxos com número de carbonos superiores a 18, tendo uma porção considerável de C20, C22 e C24. Em óleos de peixes, podem aparecer ácidos graxos de número ímpar de carbono (C15, C17, C19) totalizando entre 1 e 3% (STANSBY, 1969 citado por BRUM; OETTERER; REGITANO, 2002).

De acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 1952), entende-se por "óleo de pescado" o subproduto líquido obtido pelo tratamento de matérias-primas pela cocção a vapor, separado por decantação ou centrifugação e filtração. Permite-se também, o tratamento por simples prensagem e decantação, ou por qualquer outro processo adequado.

Os óleos de pescado devem satisfazer às seguintes características: apresentar cor amarelo-claro ou amarelo-âmbar, tolerando-se os que apresentarem uma ligeira turvação, no máximo 1% de impurezas, no máximo 10% de umidade, no máximo 3% de acidez em ácido oleico e não conter substâncias estranhas, outros óleos animais ou óleos vegetais (BRASIL, 1962).

Os óleos provenientes de peixes marinhos possuem grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa ω -3, sendo que a sua grande utilização em nutrição humana se dá devido à composição específica em ácidos

graxos ω -3. Os principais ácidos graxos desta classe são o eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA), responsável por até 26% dos ácidos graxos presentes em óleos de peixe. A utilização de ácidos graxos da série ω -3 apresenta grande influência no metabolismo dos triacilgliceróis, nos níveis de colesterol LDL, além da interferência na agregação plaquetária reduzindo o risco de doenças cardiovasculares (GRUNDY, 1994; STANSBY, 1990).

De acordo com Aguiar, Limberger e Silveira (2014), estudos recentes têm demonstrado os benefícios do óleo de pescado para alimentação de seres humanos e animais, e isso está relacionado devido ao fato deste produto apresentar considerável interesse bioquímico, metabólico, nutricional e farmacêutico.

Segundo Takahashi (2005), o ser humano, assim como outros animais, é capaz de sintetizar certos ácidos graxos saturados e insaturados, porém essa capacidade é limitada quando se trata de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), sem os quais nosso organismo não funciona adequadamente.

No entanto, o óleo de pescado ainda é pouco utilizado na dieta humana, mas de acordo com vários autores, a dieta enriquecida com óleo de pescado não é benéfica só para animais em relação ao crescimento e resistência a doenças, mas, já existem estudos mostrando que animais destinados ao abate para consumo humano, submetidos a dietas ricas em ácidos graxos “Ômega-3”, resultam em benefícios para a saúde dos consumidores, pois esses componentes presentes são armazenados na carne e nos ovos desses animais, sendo passados para os seres humanos devido à cadeia alimentar (ARCHER; WATSON; DENTON, 2001; BRUM; OETTERER; REGITANO, 2002; GRUNENVALDT; CREXI; PINTO, 2005).

Em diversos países, as formulações de margarinas e pães são feitas com óleos de pescado e ovos com teores elevados de ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosaexaenoico (DHA), que são ácidos poli-insaturados de cadeia longa. Esses ovos são obtidos, bastando alimentar as galinhas com rações enriquecidas com estes ácidos. A incorporação de ácidos graxos ômega-3, nomeadamente em pães, torna-se

ideal, uma vez que o dióxido de carbono gerado durante o processo de cozimento funciona como um ótimo antioxidante, prevenindo a oxidação destes ácidos graxos, enquanto os pães estão sendo submetidos a altas temperaturas (MENEGALDO, 1999 citado por AGUIAR; LIMBERGER; SILVEIRA, 2014).

Para Grunennvaldt, Crexi e Pinto (2005) e Morais et al. (2001), em pesquisas existem várias maneiras para a obtenção de óleo de peixe, tendo, por exemplo, as silagens ácidas através da acidificação dos resíduos de pescado, por meio do processamento de concentrado de proteína e produção de farinha sendo este submetido a processos hidrotérmicos e mecânicos.

No entanto, os óleos brutos obtidos, apresentam impurezas e outros compostos, o que podem torná-los inadequados para consumo humano e limitações na aplicação industrial. Se a extração de óleo de pescado tiver a finalidade de ser utilizada diretamente na cadeia alimentar humana, precisa ser realizada uma extração aperfeiçoada, é necessário fazer o refino químico antes de sua utilização a fim de se produzir um óleo estável e purificado. Porém, este é um processo extremamente intensivo em relação à produção de óleo de pescado para consumo animal que só passa pelo processo de lavagem e centrifugação (ARCHER; WATSON; DENTON, 2001; CREXI et al., 2009; GRUNENVALDT; CREXI; PINTO, 2005; MORAIS et al., 2001).

Os passos para o refinamento podem incluir degomagem, neutralização, lavagem, branqueamento, filtração e desodorização (CUNHA; CREXI; PINTO, 2009).

Determinações realizadas nas análises de óleos e gorduras geralmente são chamadas de índices, que são expressões de suas propriedades físicas ou químicas e não as porcentagens dos seus constituintes. São determinados os índices de peróxidos, iodo, saponificação e as constantes físicas como o ponto de fusão e o índice de refração. Esses índices, juntamente com as reações características, identificam e avaliam a maioria dos óleos e gorduras, sendo o

resultado da análise baseado neste conjunto de dados. Os métodos de cromatografia em fase gasosa são utilizados, desde há muito tempo, para o conhecimento da composição dos ácidos graxos destes compostos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2015).

O elevado teor de ácidos graxos altamente poli-insaturados encontrado em peixes se deve à característica poiquilotérmica, isto é, a temperatura corporal é ajustada em função da temperatura ambiental e ao fato deste animal se deslocar na água (HENDERSON, 1996). Esses fatos causam a necessidade de membranas biológicas fluídas que se consegue com alto percentual de ácidos graxos altamente poli-insaturados. Sendo assim, os ácidos graxos que compõem o óleo de pescado são mais susceptíveis ao processo oxidativo, o que pode alterar a qualidade nutricional do alimento (ARRUDA, 2004; FAO, 2008).

Dentre os principais efeitos da oxidação sobre o valor nutritivo dos alimentos está a degradação lipídica a produtos primários como os hidroperóxidos e reações subsequentes, que alteram diversas propriedades biologicamente importantes, como a qualidade sensorial (STEVANATO et al., 2007).

As reações de oxidação ocorrem por formação de radicais livres e se caracterizam por um período de indução, seguido por uma absorção acelerada de oxigênio, e terminam com a produção de peróxidos, ranço, odor e outros produtos de polimerização (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

O produto da oxidação lipídica é o malonaldeído e este é quantificado pela análise de TBA (ácido tiobarbitúrico) (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

A qualidade nutricional e sensorial da carne é influenciada pela composição dos ácidos graxos presentes nos lipídios. Um maior grau de saturação implica em uma menor qualidade, em virtude dos efeitos negativos à saúde humana (MAHGOUB et al., 2002).

Estudos com ensaios clínicos randomizados de ingestão de quantidades recomendadas de ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosahexanoico

(DHA), a partir de óleo de peixe têm demonstrado reduzir triacilgliceróis, reduzir o risco de morte, ataque cardíaco, proteção contra arritmias, redução da pressão arterial, prevenção à aterosclerose, ações anti-inflamatórias e no geral carregam baixo nível de colesterol, benefícios esses que resultam em uma maior participação dos mesmos no mercado de alimentos (FELTES et al., 2010; WEISS; TAKHISTOV; MCCLEMENTS, 2010).

Trabalho realizado por Crexi et al. (2007), relacionado a caracterização físico-química de óleos refinados obtidos por meio do processo de silagem ácida (a) e termomecânico (b) de pescado da espécie corvina (*Micropogonias furnieri*), encontraram valores de índices de peróxidos de (a)1,7 meq O₂/kg e (b) 1,8 meq O₂/kg, de saponificação de (a) e (b)186 mgKOH/g e de iodo (a)135 e (b) 134, respectivamente. Os autores concluíram que o óleo de pescado refinado de corvina obtido pela silagem ácida apresentou características semelhantes ao obtidos via processo termomecânico.

2.7 Farinha de peixe

A produção mundial de farinha de peixe não atende a quantidade suficiente do mercado para confecção das rações para os organismos aquáticos. Com o aumento do preço da farinha de peixe, resultante da aceleração da demanda mundial, os alimentos concentrados proteicos de origem vegetal aparecem como opção. Do percentual total da farinha de peixe disponível no mercado mundial, 50% são consumidas para as rações de peixes e camarões marinhos, sendo provável que a quantidade de ração balanceada necessária para alimentar essas espécies duplique em dez anos (PEZZATO; BARROS; FURUYA, 2009).

Para a produção de farinha de peixe, a matéria-prima utilizada pela indústria pode ser classificada em três categorias: (a) peixes capturados exclusivamente para produção de farinha e óleo, (b) peixes adquiridos de outras pescarias, no caso de espécies de baixo valor comercial, e (c) cortes residuais e

vísceras da indústria de processamento (FAO, 1986). Essa matéria-prima está composta por sólidos, que são as matérias secas livre de gordura; óleo e água, os quais compõem a fração líquida. O intuito do processamento é justamente separar essas frações de forma eficiente, com baixo custo e em condições que permitam a obtenção de produtos da melhor qualidade possível (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY - EFSA, 2010; FAO, 1986).

A maior parte dos resíduos gerados durante o processo de industrialização de pescado se destina à produção de farinha, porém, para que seja economicamente viável, a quantidade mínima deve ser de 10 toneladas por dia (ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007).

Segundo o decreto lei 3.748, de 12 de julho de 1993 “farinha” de pescado é o subproduto oriundo do processo de cocção de pescado ou de seus resíduos mediante o emprego de vapor, convenientemente prensado, dissecado e triturado (SANTA CATARINA, 1993).

De acordo com o Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal RIISPOA (BRASIL, 1952), para efeito de classificação consideram-se dois tipos de farinha de pescado, ou seja, de primeira qualidade ou tipo comum, e de segunda qualidade. A farinha de pescado de primeira qualidade deve conter no mínimo 60% de proteína; no máximo: 10% de umidade, 8% de gordura, 5% de cloretos expressos em NaCl e 2% de areia. Já a farinha de pescado de segunda qualidade, deve conter no mínimo 40% de proteína, no máximo: 10% de umidade, 10% de gordura, 10% de cloretos expressos em NaCl e 3% de areia.

De acordo com Bellaver (2005), a farinha de pescado visa apenas à alimentação animal, sendo um produto obtido por secagem e moagem de peixes, podendo ser denominadas de farinha integral de peixe e de farinha residual de peixe. A farinha integral de peixe é o produto obtido de várias espécies de peixes, sendo inteiros e/ou cortes de peixes não decompostos, com ou sem

extração de óleo, tendo sido seco e moído. Não deve conter mais do que 10% de umidade e o teor de NaCl deve ser indicado. Já a farinha residual de peixe é o produto obtido de cortes e/ou partes de peixes de várias espécies (cabeças, cauda, pele, vísceras, barbatanas,) não decomposto, com ou sem extração de óleo, tendo sido seco e moído. Não deve conter mais do que 10% de umidade e o teor de NaCl deve ser indicado.

Nos últimos tempos, existem vários estudos com aproveitando de resíduos gerados durante o processo de industrialização de pescados para fabricação de farinha de peixes e sua aplicabilidade na alimentação de monogástricos. Aguiar e Goulart (2014), em seus estudos aproveitando resíduos gerados durante o processo de industrialização de pescados, para produzir óleo e farinha de peixe, utilizando como métodos para extração do óleo das amostras a combinação da hidrólise-ácida com extração de solvente a quente. Do produto remanescente dessa extração (resíduo sólido) foi produzida a farinha, com finalidade de não gerar nenhum resíduo. Em seus resultados pode-se afirmar que o óleo e a farinha obtidos no processo são de alta qualidade, podendo ser utilizados em diversas aplicações além de valorizar comercialmente o coproduto de pescado.

Pontes et al. (2010), avaliaram a influência do uso na ração, de farinha de peixe suplementada com aminoácidos sobre o desempenho, as características de carcaça e a análise hematológica de juvenis de tilápia-do-nylo. Em seus resultados, observaram que o nível de 3% de farinha de peixe não afeta o desempenho nem as características de carcaça de juvenis de tilápia-do-nylo.

Aguiar e Goulart (2013), aproveitando resíduos gerados durante o processo de industrialização de pescados provenientes da bacia Tocantins-Araguaia, para produzir óleo e farinha, por meio de dois métodos de extração do óleo das amostras sendo prensa mecânica e Bligh-Dyer, e a partir do resíduo sólido obtido do processo de extração, foi produzida a farinha. Seus resultados revelaram que a farinha obtida apresentou boa qualidade, pelo fato de cumprir as

exigências recomendadas pela ANVISA, sendo promissora a utilização dos resíduos de pescado para produção de farinha e óleo, os quais poderão ser utilizados posteriormente na suplementação da alimentação de animais, possibilitando assim agregar valor aos resíduos da indústria de pescado que antes era descartado sem nenhum tratamento adequado.

Boscolo et al. (2008), em seus estudos com objetivo de caracterizar farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, concluíram que essa farinha é um alimento proteico com bons índices de disponibilidade aparente de seus nutrientes e pode ser utilizado na alimentação da tilápia do Nilo, com a aplicação dos valores de digestibilidade dos nutrientes, visando formular rações de custo mínimo que atendam às exigências da espécie.

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos concentrados que compõem as fórmulas das rações dos peixes é de grande importância, uma vez que esse conhecimento permite suprir os nutrientes deficitários ou ausentes, principalmente àqueles considerados limitantes ao crescimento animal, como aminoácidos e minerais, ou ainda, melhorar os processos de obtenção desses alimentos, de forma que as perdas nutritivas sejam minimizadas (PEZZATO; BARROS; FURUYA, 2009).

Assim, justifica-se o presente trabalho tendo em vista a grande geração de resíduos decorrentes do processo de filetagem e de descartes de peixes fora dos padrões comerciais, e a importância do aproveitamento dos mesmos, agregando valor aos subprodutos e aumentando a renda dos produtores, desde agricultores familiares a microempresários e empresários, bem como a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA) localizada no Município de Lavras – MG. Foram utilizadas as estruturas e equipamentos do Laboratório Central de Análises e do Laboratório de Tecnologia do Pescado, do Departamento de Ciência dos Alimentos DCA, do Laboratório de Análise Foliar no Departamento de Química DQI, e também do Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, (G-Óleo) pertencente ao Departamento de Agricultura DAG. Os ensaios microbiológicos foram conduzidos no laboratório de Microbiologia da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), localizada no município de Alfenas, MG.

3.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi composta por resíduos da filetagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (vísceras, cabeça, carcaça, couro e escamas), fornecidos pela Piscicultura Cristalina, localizada na cidade Fartura, São Paulo. Os resíduos foram congelados separadamente, embalados a vácuo no local e transportados por caminhão frigorífico até o Laboratório de Tecnologia de Pescado onde foram mantidos em freezer. Ao iniciar o trabalho, os resíduos foram lavados com água corrente (exceto as vísceras) e posteriormente moídos em moedor elétrico de carne modelo C.A.F. 10I.

3.2 Obtenção e caracterização de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

Para elaboração das silagens ácidas utilizou-se 120kg de diferentes resíduos totais (Figura 1) que foram divididos em cinco tratamentos, sendo: T1- 100% de vísceras, T2 - 100% de cabeça, T3 - 100% de carcaça, T4 - 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de

carcaças + 15% de couro + 3% de escamas. Para cada tratamento, foram utilizados 24 kg de resíduos de peixe moídos, acrescentando 5% de concentração de ácido acético e adicionando 0,1% p/p de BHT/Kg. Após, cada tratamento foi colocado em 8 tubos PVC de 100mm (3Kg por tubo) de 40 cm de altura, totalizando 40 tubos. Esses tubos foram tampados com tampão PVC, onde em cada tampão continha um orifício por onde saíram os gases. As biomassas ensiladas foram armazenadas por 90 dias, em temperatura ambiente. As análises foram realizadas nos tempos 0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias de armazenamento, em cada período foram retiradas amostras dos oito tubos de cada tratamento, as quais foram homogeneizadas, e desta amostra composta retirou-se três repetições para realização de análises da silagem e extração dos óleos.



Figura 1 Etapas do processamento das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem da tilápia. Matérias-primas: (A) vísceras, (B) cabeças, (C) carcaças, (D) couros. Moagem: (E) vísceras, (F) cabeças, (G) carcaças e (H) carcaça + couro + escamas. Silagens (I) T5 - 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas, (J) T2 - 100% de cabeça e (K) biomassas ensiladas.

3.2.1 Características sensoriais das silagens ácidas

As silagens ácidas foram avaliadas de acordo com Valério (1994), observando-se os atributos: textura, separação de fases, coloração da fase sedimentada e odor durante o período de armazenamento.

3.2.2 Análises microbiológicas

Todas as análises seguiram as metodologias indicadas por Silva et al. (2005), sendo: contagem total de micro-organismos aeróbios mesófilos, fungos filamentosos e leveduras, coliformes a 35°C e 45°C pelo método do Número mais provável com testes confirmativos para fecais e *E. Coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* e *Clostridium Sulfito* Redutores.

Após a produção das silagens retirou-se assepticamente uma amostra do produto de cada tratamento em todos os períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) para a realização das análises descritas a seguir:

a) Contagem total de microorganismos aeróbios mesófilos

Para a contagem total de micro-organismos aeróbios mesófilos foi utilizado o meio PCA (Ágar Padrão para Contagem), manipulado segundo as concentrações da Tabela 1.

Tabela 1 Componentes necessários à manipulação do meio PCA (Ágar padrão para contagem) e suas respectivas quantidades

Componente	Quantidade
Triptona	5,0 g
Extrato de levedura	2,5 g
Dextrose	1,0 g
Ágar	15 g
Água destilada	1000 mL

Fonte: Silva, Junqueira e Silveira (1997)

Aproximadamente 20 mL do meio PCA foram fundidos a 40 °C utilizando aparelho de microondas, os quais, logo em seguida, foram vertidos em placas de petri esterilizadas, deixadas em repouso sob luz UV em capelas até a solidificação do meio (cerca de 15 minutos).

Aproximadamente 25,0 g de cada silagem foram diluídos em 225 mL de água peptonada (0,1% p/v). Utilizou-se as diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} , incubado-se 100 µL com três repetições para cada diluição (plaqueamento em superfície). As placas foram armazenadas em estufa do tipo *Biochemistry Oxygen Demand* (BOD), à temperatura de 35 °C por 48 horas. Transcorrido o tempo de incubação fez-se a contagem do número de colônias, tirando-se a média aritmética de cada diluição e multiplicando-se o resultado pelo fator de diluição. Os resultados foram expressos em UFC/g de silagem.

b) Contagem total de bolores e leveduras

Para a contagem total de bolores e leveduras foi utilizado o meio BDA- cloranfinicol (Batata-Dextrose-Ágar-Cloranfinicol), manipulado segundo as concentrações da Tabela 2.

Tabela 2 Componentes necessários à manipulação do meio BDA-cloranfinicol (Batata-Dextrose-Ágar-Cloranfinicol) e suas respectivas quantidades

Componente	Quantidade
Infusão de batatas	200,0 g
Cloranfinicol	0,1g
Dextrose	1,0 g
Ágar	15 g
Água destilada	1000 mL

Fonte: Silva, Junqueira e Silveira (1997)

Os procedimentos para inoculação do material analisado foram os mesmos descritos no item 3.2.2 (a) diferindo apenas o tempo e a temperatura de incubação, de 5 dias a 25 °C, respectivamente.

3.2.3 Temperatura ambiente

A temperatura ambiente do local de armazenamento das silagens foi monitorada semanalmente até o 28º dia e aos 60º e 90º dias, utilizando um termômetro de máxima e mínima.

3.2.4 Temperatura no interior da biomassa

A temperatura no interior da biomassa foi medida com a utilização de um termômetro de mercúrio antes de cada revolvimento diário.

3.2.5 pH

Foi determinado em pHmetro digital, com resultados compostos de duas casas decimais.

3.2.6 Oxidação Lipídica

Foi utilizado a determinação de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), conforme metodologia descrita por Tarladgis, Watts e Younathan (1960) com algumas modificações.

3.2.7 Análises estatísticas

Foi utilizado o Delineamento experimental Inteiramente Casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no tempo e em esquema fatorial 5X7, sendo: 5 tipos de tratamento (T1, T2, T3, T4 e T5), 7 tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) e 3 repetições.

As análises foram feitas de forma que quando detectada a interação entre os fatores, efetuou-se o desdobramento da soma de quadrados do fator "Tempo" dentro de cada "Tratamento", sendo o fator tempo estudado por meio de polinômios por se tratar de um fator quantitativo. No sentido contrário, desdobrou-se a soma de quadrados do fator "Tratamento" dentro de cada "Tempo", sendo o fator tratamento avaliado por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

Para os parâmetros características sensoriais, análises microbiológicas e temperatura ambiente, não foram realizadas análises estatísticas.

3.3 Obtenção e caracterização do óleo bruto a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

Após os períodos determinados de armazenamento das silagens (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias), as biomassas foram revolvidas e foram retiradas amostras dos oito tubos de cada tratamento, as quais foram

homogeneizados, configurando uma única amostra composta para cada tratamento. Posteriormente, utilizando o processo de extração química à quente (Soxhlet), usando hexano como extrator, foi extraído o óleo das silagens, constituindo 5 tratamentos (T1 - óleo da silagem com 100% de vísceras, T2 - óleo da silagem com 100% de cabeça, T3 - óleo da silagem com 100% de carcaça, T4 - óleo da silagem com 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo da silagem com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas) que foram armazenados em vidros âmbar e posteriormente congelados em freezer vertical a -18°C , visando posteriores análises que foram realizadas em triplicatas.

O aparelho Soxhlet é formado por uma chapa aquecedora, balão de vidro, corneta e condensador.

A amostra para extração foi colocada em um cartucho de papel filtro. No balão colocou-se o solvente, que foi aquecido por uma manta, permanecendo sob refluxo contínuo por algumas horas. O solvente evaporou e condensou sobre o material sólido. Nesse processo, os solutos foram concentrados no balão e em seguida direcionados para o rotaevaporador para separar o óleo do solvente.

A extração química utilizando o método Soxhlet, foi realizada com solvente hexano. A chapa aquecedora do Soxhlet e o banho-maria do rotaevaporador foram ajustados com temperatura de acordo com o respectivo ponto de ebulição do hexano. As amostras dos tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) ficaram em refluxo contínuo por 4h. Após a extração e obtenção do óleo, este foi acondicionado em estufa a 70°C , e mantido em estufa por 1 hora para total evaporação do solvente (Figura 2).

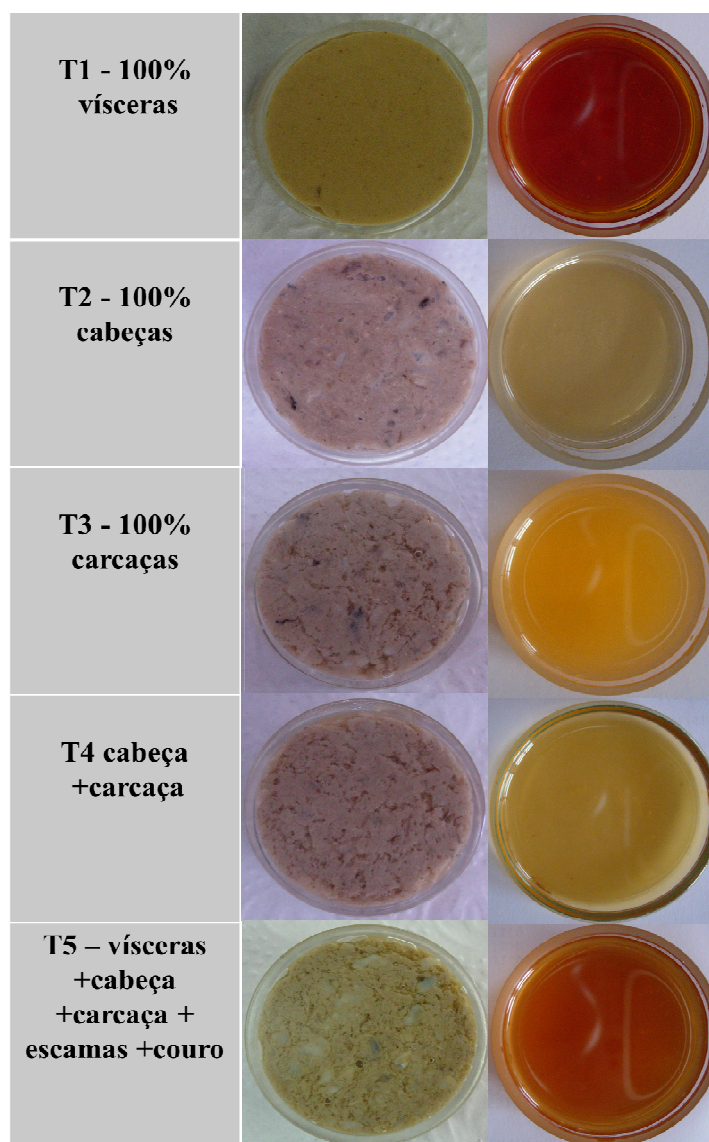


Figura 2 Foto dos tratamentos (T1- 100% de vísceras, T2- 100% de cabeça, T3- 100% de carça, T4- 30% de cabeça + 70% de carça e T5- 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carças + 15% de couro + 3% de escamas) das silagens ácidas e dos óleos obtidos aos 28 dias de armazenamento.

3.3.1 Caracterização dos óleos: bruto e purificado

Para a caracterização dos óleos brutos e purificados, foram realizadas as análises: rendimento dos óleos (%), absorvância, índice de peróxido, índice de saponificação, índice de acidez, índice de refração, índice de iodo e perfil de ácidos graxos e microbiológicos.

3.3.1.1 Rendimento do óleo bruto

A determinação do teor/rendimento de óleo bruto foi feita por diferença de massa, entre o peso da amostra inicial (silagem + papel filtro) e o peso após a extração (fração sólida + papel filtro), fornecendo a quantidade de óleo presente na amostra. Para expressar o resultado, os dados foram transformados em percentagem, em relação ao peso da amostra inicial.

3.3.1.2 Processo de purificação do óleo bruto

Realizou-se o processo de refino do óleo bruto de peixe obtido a partir de silagens ácidas de diferentes resíduos da filetagem de tilápias, executando-se a metodologia adaptada por Moraes et al. (2001) para óleo de pescado.

A Figura 3 demonstra o fluxograma adotado.

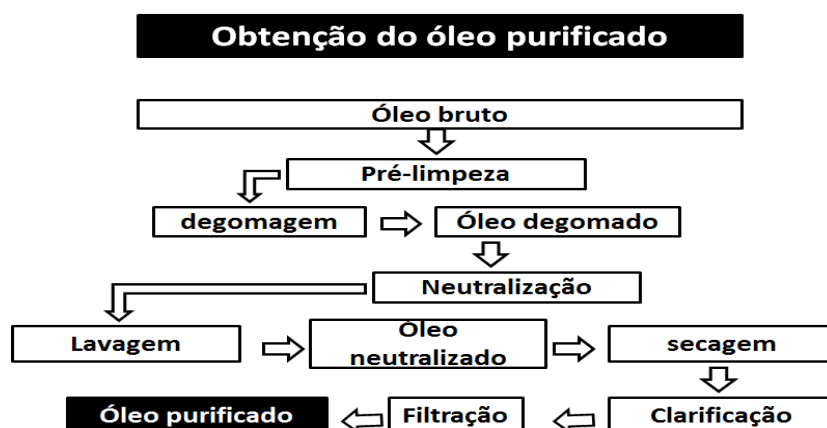


Figura 3 Fluxograma das etapas do processo de refino

No processo de refino foram utilizados 1500 ml de óleo bruto. Inicialmente realizou-se uma pré-limpeza no óleo, através de uma centrifugação, a fim de remover os sólidos em suspensão ainda presentes. Executou-se, então, a etapa de degomagem, que consistiu em aquecer o óleo a 80 °C e adicionou 5% de água destilada. Agitou por 30min a 400rpm. Deixou decantar de um dia para o outro e descartou a parte inferior.

Após esta etapa, foi efetuada a neutralização, com hidróxido de sódio 20% (excesso de 1% em relação ao índice de acidez determinado), a uma temperatura de 50 °C, por 20 minutos com agitação, sob vácuo de 400-500mmHg. A temperatura foi, então, elevada até 80 °C, utilizando uma agitação lenta, onde cessou-se o aquecimento para a separação da borra. O óleo, a seguir, foi centrifugado para eliminação das impurezas sólidas e imediatamente foram feitas três lavagens com água quente a 90-95 °C, com agitação, num tempo de contato de 5 minutos. Separou-se a água das impurezas por decantação, sendo o óleo então submetido a uma desumidificação, sob vácuo de 700mmHg, a uma temperatura de 90-95°C, de maneira a proporcionar uma umidade final em torno de 0,1%.

Na etapa de clarificação, foram adicionados ao óleo 3% de uma mistura 20:1 de argila rosa-carvão, a uma temperatura de 85°C, durante um tempo de 30 minutos, sob um vácuo de 660 mmHg e com agitação vigorosa. Em seguida, o óleo foi centrifugado a 10.000 rpm durante 5min, para a separação dos sólidos.

Para avaliar a eficiência da clarificação do óleo após todo processo de purificação, foi realizada análise de absorvância.

3.3.1.3 Rendimento do óleo purificado

O rendimento do óleo purificado foi calculado baseado no volume total de óleo bruto em relação ao volume do óleo purificado que foi obtido, sendo o resultado expresso em percentagem.

3.3.1.4 Absorbância

Para avaliar a eficiência da clarificação do óleo após todo processo de purificação, foi realizada análise de absorbância nos óleos brutos e purificados por meio do método espectrofotométrico, utilizado o espectrofotômetro UV/VIS modelo SP 2000UV, da marca HINOTEK. Os valores de absorbância foram verificados e anotados antes e depois da purificação do óleo (Figura 4).

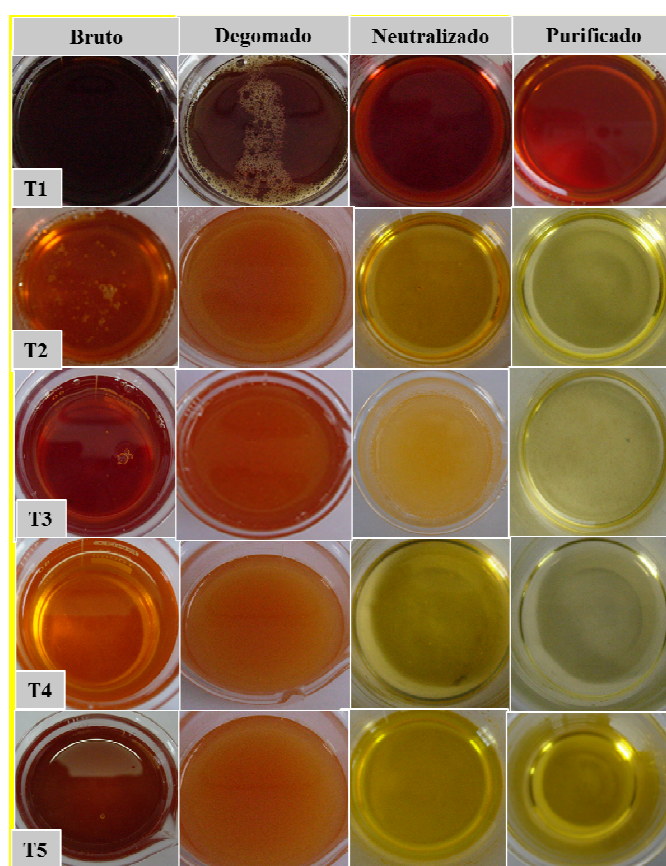


Figura 4 Foto dos tratamentos (T1-100% de vísceras, T2 - 100% de cabeça, T3 - 100% de carcaça, T4 - 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5- 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas) dos óleos brutos, degomados, neutralizados e branqueados (purificados), obtidos aos 28 dias de armazenamento.

3.3.1.5 Índice de peróxido

Este método determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio nas condições do teste. Estas substâncias são geralmente consideradas como peróxidos ou outros produtos similares resultantes da oxidação da gordura (LUTZ, 2008).

Aproximadamente 0,2 g do óleo bruto foram transferidos a *erlenmeyers*, aos quais foram acrescentados ácido acético (30mL) e solução saturada de iodeto de potássio (1mL). Deixou-se o sistema em repouso por 1 hora no escuro, após esse período, acrescentou-se 30mL de água destilada e 4 mL de solução de amido. Titulou-se com tiosulfato de sódio 0,1N até o desaparecimento da cor azul. Os resultados foram expressos em meq,kg^{-1} (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY - AOCS, 1995).

3.3.1.6 Índice de saponificação

Adicionaram-se 10 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio (4%) a cerca de 2 g de óleo bruto, em erlenmeyer refrigerante de refluxo. O material foi fervido brandamente por 30 minutos, após resfriamento, foram adicionadas 5 gotas de fenolftaleína. Titulou-se o material com HCl 0,5N até o desaparecimento da coloração rósea. Os resultados foram expressos em mgKOH, g^{-1} (AOCS, 1995).

3.3.1.7 Índice de acidez

Aproximadamente 2g da amostra foram armazenados em erlenmeyer de 125mL, aos quais foram acrescentados 25 mL de solução (2:1) de éter etílico + etanol. Em seguida o sistema foi agitado, adicionaram-se duas gotas de

indicador fenolftaleína e procedeu-se à titulação com NaOH 0,1N até o aparecimento da coloração rósea. Os resultados foram mg NaOH,g⁻¹ (IAL,1985).

3.3.1.8 Índice de refração

O índice de refração foi determinado utilizando Refratômetro de Abbé, com temperatura de 25°C. Fundiu-se a amostra e filtrou-se para remover impurezas e traços de umidade. Colocou-se no prisma inferior algumas gotas da amostra, fechou-se os prismas e deixou-se por 1 a 2 minutos até que a amostra atingisse a temperatura do aparelho. Ajustou-se o instrumento e a luz para obter a leitura mais distinta possível e, então, determinou-se o índice de refração de acordo com a metodologia do IAL (1985). Após a utilização do aparelho limpou os prismas com álcool removendo a amostra do local.

3.3.1.9 Índice de iodo

Cerca de 0,2g do óleo foram pesados em vidro de relógio e, logo após, transferidos a erlenmeyer contendo 10 mL de clorofórmio. Ao material foram adicionados 25 mL da solução de Wijs, o qual foi deixado em repouso, ao abrigo de luz, por 30 minutos, após o repouso, adicionaram-se 10 mL de solução de iodeto de potássio (15%) e 100 mL de água recentemente fervida e esfriada. Titulou-se o material com tiosulfato de sódio (0,1N) até fraca coloração amarela. Os resultados foram expressos em gI/100g (AOCS, 1995).

3.3.1.10 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos foram extraídos das silagens ácidas de resíduos de pescado de acordo com a metodologia proposta por Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957). Para tanto, homogeneizou-se 5 gramas de amostra com 50 mL de solução clorofórmio/metanol (2:1) + butilhidroxitolueno (0,025g,L⁻¹) por

aproximadamente 3 minutos em politron na velocidade média. Após homogeneização, procedeu-se à filtração da amostra utilizando filtros semiquantitativos (de filtração rápida), transferindo-se o filtrado ao funil de separação (500 mL), ao qual foram acrescentados 10 mL de solução de cloreto de potássio (0,72%); após agitação manual, a solução permaneceu em repouso por 3 horas. Após o repouso, foi observada a formação de duas fases com diferentes polaridades (polar e apolar). A parte polar foi descartada do funil de separação, restando apenas a parte apolar. Na parte remanescente foram acrescentados 6 mL de solução de cloreto de potássio (0,72%), permanecendo 12 horas em repouso. Após esse período, novamente descartou-se a parte polar, recolhendo-se a parte apolar em balão volumétrico de 50mL, completado-se o volume com clorofórmio.

Para a esterificação, 5 mL da solução obtida ao final das etapas anteriormente descritas foram transferidos a tubo de centrífuga. Logo em seguida, o clorofórmio foi evaporado em banho-maria (55°C) com nitrogênio gasoso. Foram adicionados 4 mL de NaOH 0,5M em metanol, levando-se, na sequência, a amostra ao banho fervente por 5 minutos. Resfriou-se o material em água gelada, em seguida, a ele foram adicionados 5 mL de reagente esterificante, o qual foi levado por mais 5 minutos ao banho fervente e novamente resfriado em água gelada. Após resfriamento, foram adicionados 4 mL de NaCl saturado e 5 mL de hexano, os sistemas permaneceram em repouso por 10 minutos. A parte sobrenadante foi recolhida para frasco âmbar, evaporou-se o hexano com nitrogênio gasoso, em banho-maria a 55°C.

Os ésteres resultantes da etapa de esterificação foram submetidos à análise de cromatografia gasosa em aparelho Shimadzu GC 2010, com detector de ionização em chama (FID), utilizando-se coluna capilar (100m x 0,25mm x 0,2µm). Foram utilizadas as seguintes condições cromatográficas:

- Injetor: trabalhou no modo “split”, utilizando o hélio como gás de arraste, num fluxo de $1,09\text{mL},\text{min}^{-1}$. Foi injetado $1\mu\text{L}$ de amostra, sendo o tempo de corrida de 60 minutos.
- Coluna: temperatura inicial de 140°C , mantendo-se nessa temperatura por 5 minutos, elevando-se a uma taxa de $4^{\circ}\text{C}, \text{min}^{-1}$ até 240°C . A fase estacionária da coluna era composta por bis-cianopropil polisiloxano.

A identificação e quantificação dos ácidos graxos foram feitas por comparação dos tempos de retenção dos ésteres contidos no padrão SupelcoTM 37 FAME MIX com os da amostra.

3.3.1.11 Análises microbiológicas

A contagem total de micro-organismos mesófilos e a contagem total de bolores e leveduras nos óleos foram realizadas com base na metodologia utilizada por Silva (2005). Após a obtenção dos óleos, retirou-se assepticamente uma amostra do produto de cada tratamento em todos os períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) para a realização das análises descritas conforme itens: 3.2.2 (a) e 3.2.2 (b).

3.3.1.12 Análises Estatísticas

Foi utilizado o Delineamento experimental Inteiramente Casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no tempo e em esquema fatorial 5×7 , sendo: 5 tipos de tratamento (T1 - óleo da silagem com 100% de vísceras, T2 - óleo da silagem com 100% de cabeça, T3 - óleo da silagem com 100% de carcaça, T4 - óleo da silagem com 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo da silagem com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas), 7 tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) e 3 repetições.

As análises foram feitas de forma que quando detectada a interação entre os fatores, efetuou-se o desdobramento da soma de quadrados do fator "Tempo" dentro de cada "Tratamento", sendo o fator tempo estudado por meio de polinômios por se tratar de um fator quantitativo. No sentido contrário, desdobrou-se a soma de quadrados do fator "Tratamento" dentro de cada "Tempo", sendo o fator tratamento avaliado por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Para o parâmetro ácidos graxos não foi realizada análise estatística.

3.4 Obtenção e caracterização das farinhas oriundas do processo de extração do óleo, a partir de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápias

Após os períodos determinados de armazenamento das silagens: 0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias do processo de ensilagem, as biomassas foram revolvidas e foram retiradas amostras dos oito tubos de cada tratamento, as quais foram homogeneizadas, configurando uma única amostra composta para cada tratamento. Posteriormente, por meio do método de Soxhlet, usando hexano como extrator, foi extraído o óleo das silagens. As matérias-primas remanescentes desse processo, ou seja, as frações sólidas recuperadas do processo de extração de óleo (farinhas desengorduradas de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias) resultou em 5 tratamentos (T1 - farinha com 100% de vísceras, T2 - farinha com 100% de cabeça, T3 - farinha com 100% de carcaça, T4 - farinha com 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas), que foram levadas à estufa a 80°C até obter umidade constante, levando cerca de 8 horas seguindo metodologia desenvolvida por Aguiar e Goulart (2013) com adaptações. Após este período, as farinhas foram armazenadas em potes plásticos visando posteriores análises. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

3.4.1 Caracterizações das farinhas

As farinhas obtidas do processo de extração de óleo a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias, nos períodos de 0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias do processo de ensilagem (Figura 5), foram submetidas às derterminações descritas a seguir.

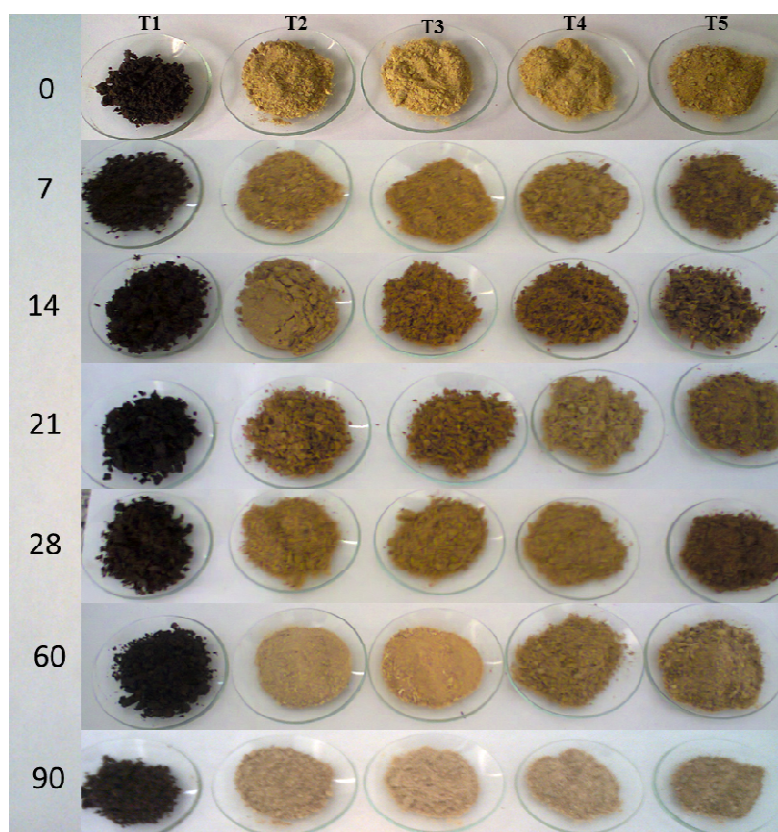


Figura 5 Diferentes frações sólidas recuperadas do processo de extração de óleo de silagens ácidas elaboradas com diferentes resíduos da filetagem de tilápias, durante os diferentes períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias). T1 - farinha 100% vísceras, T2 - farinha 100% cabeça, T3 - farinha 100% carcaça, T4 - farinha 30% cabeça + 70% carcaça e T5 - farinha 15% vísceras + 20% cabeças + 47% carcaças + 15% de couro + 3% escamas

3.4.1.1 Composição química

As análises para obtenção da composição centesimal (umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas) das farinhas foram realizadas de acordo com os métodos propostos pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

a) Umidade (U)

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico. Cerca de 10g do material foram pesados em cápsulas de porcelana em balança analítica e submetidos à secagem em estufa regulada a 105°C até peso constante (aproximadamente por 12 horas). Após esse período, as cápsulas foram retiradas da estufa com o auxílio de pinças tipo tenaz e armazenadas em dessecadores contendo sílica até que esfriassem (de 20 a 30 minutos). Por meio da diferença entre o peso da cápsula com a amostra integral e o peso da cápsula mais a amostra seca, obteve-se a quantidade de umidade presente na amostra.

b) Extrato etéreo (EE)

O extrato etéreo foi determinado pelo método de Soxhlet. Aproximadamente 2 g de cada amostra seca foram pesados em cartuchos de papel filtro semiquantitativo (balança analítica) e submersos em éter etílico dentro de reboilers, previamente secos e de peso conhecido. Os reboilers foram acoplados ao extrator de Soxhlet, ficando em refluxo por 3 horas. Depois desse período, os cartuchos contendo as amostras secas e desengorduradas foram suspensos para drenagem do excesso de solvente e/ou óleo por 30 minutos. Após a retirada dos cartuchos, o éter foi recuperado por um tempo médio de 1 hora. Os reboilers foram secos em estufa regulada a 105°C por um período de 12 horas para a retirada do éter, restando apenas os lipídeos (extrato etéreo). Após a secagem, os reboilers foram retirados da estufa com o auxílio de pinças tipo

tenaz e armazenados em dessecadores contendo sílica até que esfriassem (de 20 a 30 minutos), sendo pesados logo em seguida, na mesma balança que os reboilers vazios foram pesados. A diferença entre o peso do reboiler com o extrato etéreo e o peso do reboiler vazio forneceu a quantidade de extrato etéreo presente em 2g de amostra seca.

c) Proteína bruta (PB)

Para a determinação do conteúdo de proteína bruta presente nas farinhas desengorduradas de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias, utilizou-se o método *Microkjeldhal*. Aproximadamente 50mg de amostras secas foram pesadas em papel manteiga (utilizando balança analítica com resultados expressos em 4 casas decimais) e transferidos (amostra+papel) aos tubos de *Microkjeldhal*, aos quais foram adicionados 600mg de sulfato de potássio, 300 mg de sulfato de cobre e 5 mL de ácido sulfúrico. Os tubos contendo as amostras e os reagentes recém-mencionados foram submetidos à digestão em blocos digestores (instalados dentro de uma capela) por um período de 4 horas, sendo a temperatura inicial do bloco digestor de 100°C, gradativamente aumentada, chegando a 360°C. As amostras, após esfriarem à temperatura ambiente, foram acopladas ao aparelho de destilação *Microkjeldhal*. Em seguida, a elas foram adicionados 25 mL de hidróxido de sódio (50%). O destilado foi recebido em *erlenmeyers* de 250 mL contendo 10mL de solução saturada de ácido bórico (contendo 1% de solução indicadora: verde de bromocresol-vermelho de metila). Procedeu-se à destilação até 100 mL de destilado. O destilado foi titulado utilizando ácido sulfúrico 0,02N até o aparecimento da cor vermelha, obtendo-se o conteúdo de nitrogênio total na amostra seca e desengordurada. Para a transformação em conteúdo de proteína bruta, o teor de nitrogênio foi multiplicado pelo fator 6,25. Os resultados foram transformados em teor de proteína na matéria integral.

d) Cinzas (CZ)

O conteúdo de cinzas, ou resíduo mineral fixo, foi determinado pelo método gravimétrico baseado na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento a 550°C. Para tanto, cerca de 1,5 g de matéria seca foram pesados em cadinhos calcinados e tarados (em balança analítica com resultados expressos em 4 casas decimais). O material foi incinerado em fogão sobre telas de amianto. Após a carbonização, os cadinhos foram transferidos à mufla a 550°C e deixados por cerca de 8 horas. Esperou-se a mufla abaixar para 80°C para a retirada dos cadinhos, os quais foram colocados no dessecador. Após 1 hora os cadinhos foram pesados. A diferença entre o cadinho com as cinzas e os cadinhos vazios forneceram o conteúdo de cinza na matéria seca. Esses resultados foram transformados em teor de cinza na matéria integral.

e) Determinação dos minerais (cálcio e fósforo)

Os minerais cálcio e fósforo foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sendo o material (0,5g) previamente digerido com 6 mL de solução nitroperclórica por cerca de 2 horas, a 140°C segundo a metodologia de Malavolta, Vidotti e Oliveira (1989). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.4.2 Determinação da cor

A determinação da cor, foi realizada segundo James e Berry (1997), em colorímetro CM-5 Konica Minolta (reflectância, 30mm SCI – brilho incluído), operando no sistema CIE (*Comission Internationale de L'Eclairage*), para medir os parâmetros L*, a* e b*. Para o cálculo do ângulo *Hue* os valores a* e b* foram convertidos conforme a Equação: $H_{uc} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ e o cálculo da saturação (Croma C) conforme a Equação $C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$.

3.4.3 Análises microbiológicas

A contagem total de micro-organismos mesófilos e a contagem total de bolores e leveduras nas farinhas desengorduradas foram realizadas com base na metodologia utilizada por Silva (2005). Após a obtenção das farinhas, retirou-se assepticamente uma amostra do produto de cada tratamento em todos os períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) para a realização das análises descritas conforme itens: 3.2.2 (a) e 3.2.2 (b).

3.4.4 Análises estatísticas

Foi utilizado o Delineamento experimental Inteiramente Casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no tempo e em esquema fatorial 5X7, sendo: 5 tipos de tratamento (T1 - farinha com 100% de vísceras, T2 - farinha com 100% de cabeça, T3 - farinha com 100% de carcaça, T4 - farinha com 30% de Cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas), 7 tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias) e 3 repetições.

As análises foram feitas de forma que quando detectada a interação entre os fatores, efetuou-se o desdobramento da soma de quadrados do fator "Tempo" dentro de cada "Tratamento", sendo o fator tempo estudado por meio de polinômios por se tratar de um fator quantitativo. No sentido contrário, desdobrou-se a soma de quadrados do fator "Tratamento" dentro de cada "Tempo", sendo o fator tratamento avaliado por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização de silagens ácidas

Para as caracterizações das silagens, foram realizadas as seguintes análises: características sensoriais, análises microbiológicas, temperatura ambiente, temperatura das biomassas, pH e oxidação lipídica.

4.1.1 Características sensoriais

Em relação às texturas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias, não foram observadas alterações imediatas visíveis em nenhuma das biomassas ensiladas nos cinco tratamentos com a adição do ácido acético e do antioxidante BHT. A coloração caramelo prevaleceu para todas as silagens elaboradas. Os primeiros sinais de hidrólise das biomassas foram visualizados a partir do 4º dia de armazenamento, onde observou-se a separação de duas fases, uma pastosa e a outra oleosa. O maior volume oleoso foi observado para o tratamento T5, ou seja, a silagem produzida com 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas.

Resultados semelhantes também foram observados por Carmo (2009), o qual visualizou a separação de fases no 5º dia de ensilagem e Oliveira et al. (2006) em seus estudos, com silagem de resíduo da filetagem de tilápias usando o ácido fórmico, relata que visualizou a separação de fases ainda na primeira semana de armazenamento. De acordo com Haard et al. (1985), o material é continuamente hidrolizado durante o armazenamento, cuja proteína de pescado sofre processos hidrolíticos por no mínimo três meses.

Em relação às características sensoriais, através do exame visual e do aroma da silagem, observou-se uma alteração na massa, levando a uma forma semipastosa que se manteve até o final do período de armazenamento, exceto

para o tratamento T1 que apresentou uma consistência pastosa mole com odores característicos de peixe com início de putrefação aos 90 dias. De acordo com os autores Disney, Tatterson e Ollen (1977), Espe, Raa e Njaa (1989) e Haard et al. (1985), a avaliação sensorial por meio do exame visual e da avaliação química das silagens é de extrema importância e define o tempo de vida útil do produto.

4.1.2 Análises microbiológicas das silagens ácidas

Na Tabela 3, encontram-se os resultados da contagem total de micro-organismos aeróbios mesófilos; fungos filamentosos e leveduras; coliformes a 35°C e 45°C; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.* e *Bacillus cereus*.

Nas análises microbiológicas para detecção de micro-organismos aeróbios mesófilos, bolores, leveduras, coliformes (35°C e 45°C); *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.* e *Bacillus cereus* das diferentes silagens, não foi verificado a presença destes para todos os tratamentos analisados em todos os tempos de armazenamento (Tabela 3).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na Resolução - RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001, o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos de produtos à base de pescado segue os seguintes padrões: para Coliformes a 45°C, máxima de 10^3 NMP/g, *Estafilococos coagulase positiva* com contagem máxima de 10^3 NMP/g e ausência de *Salmonella*, em 25g de alimento (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2001). A Legislação Brasileira não especifica nem cita limites de tolerância para contagem total de bactérias aeróbias mesófilas heterocíclicas, e nem a detecção e quantificação de fungos filamentosos e leveduras e contagem de *Bacillus cereus*.

Tabela 3 Análises microbiológicas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

TRAT**	Tempo de armazenamento/dias						
	COL. 35°C NMP/g	COL. 45°C NMP/g	FU e LEV	E. c.	S. aureus NMP/g	SAL.	BAC. cereus
T1	<3	<3	-	-	<3	-	-
T2	<3	<3	-	-	<3	-	-
T3	<3	<3	-	-	<3	-	-
T4	<3	<3	-	-	<3	-	-
T5	<3	<3	-	-	<3	-	-

*Ausência (-) **Tratamentos - T1- silagem 100% de vísceras, T2 – silagem 100% de cabeça, T3 – silagem 100% de carcaça, T4 – silagem 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 – silagem 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas. ***COL. Coliformes a 35°C (NMP/g); COL - Coliformes a 45°C (NMP/g); FU e LEV - Fungos e leveduras; E. c. - *Escherichia coli*; S. aureus - *Staphylococcus aureus* (NMP/g); SAL. *Salmonella* e BAC. *Cereus* - *Bacillus cereus*

Resultado semelhante foi observado por Boscolo et al. (2010), em seus experimentos, os quais constituíram em avaliar a silagem ácida dos resíduos de tilápias do Nilo, com adição de 5% v/p de ácido acético e estocagem por um período de até 201 dias. Os autores concluíram que a silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápia com adição de 5% de ácido acético pode ser estocada por 201 dias, sem apresentar proliferação de micro-organismos.

Sales (1995) relata que nas silagens obtidas de resíduos das tilápias ocorre diminuição do nível de bactérias mesófilas durante o armazenamento, provocando com isso, redução significativa da contagem de micro-organismos à temperatura ambiente e o efeito foi mais acentuado a partir da segunda semana do experimento, obtendo contagens abaixo de 10^3 UFC/g, garantindo portanto, boa estabilidade do produto, por um período de 160 dias.

Aguiar e Goulart (2014), analisaram a produção de óleo e farinha utilizando resíduos de peixes de escamas e de couro da região do Araguaia. Por

meio de análises microbiológicas, verificaram as condições higiênicas das farinhas produzidas e obteve resultados negativos para coliformes e Salmonella. Porém, quanto aos bolores e leveduras, observou crescimento de $1,58 \times 10^5$ ufc/g na amostra acondicionada a 24°C por 5 dias.

As ausências de micro-organismos confirmam que os procedimentos higiênicos e sanitários foram seguidos corretamente desde a captura dos peixes até a preparação da matéria-prima. Demonstra ainda a alta eficiência de preservação do ácido acético e do BHT, os quais mantiveram a qualidade da silagem. Os ácidos orgânicos de cadeia curta devido a sua baixa solubilidade, à intensidade de sabor e à baixa toxicidade ao organismo humano, como o acético, benzoico, cítrico, propiônico, sórbico e láctico, são os mais comumente utilizados em alimentos (SOCCOL, 2002). Esses ácidos são classificados como conservadores ou acidulantes conforme prevê a legislação brasileira, Decreto nº 55.871 de 23/06/1965 (BRASIL, 1965).

4.1.3 Temperatura ambiente

Para as temperaturas médias observadas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento, verificou-se que durante o período de armazenamento das silagens (0, 7, 14, 21, 28, 60 e 90 dias), nos meses de agosto a outubro de 2012, atingiram temperaturas máxima de 28 °C e mínima 14 °C, respectivamente. Observou-se ainda, que não houve grandes variações tanto na temperatura máxima quanto na mínima durante todo o período.

De acordo com Backhoff (1976 citado por VIDOTTI, 2001), em temperaturas ambiente de 27 a 30 °C ocorre a hidrólise da biomassa ensilada, separando a camada de lipídeos e conservando a atividade enzimática por muitos meses.

Jackson, Kerr e Crowey (1984) em seus estudos, verificaram a influência da temperatura na hidrólise proteica, em silagem de espadilhas (*Sprattus sprattus*), utilizando ácido sulfúrico e ácido fórmico e observaram que as silagens submetidas ao armazenamento sob temperatura de 10 °C apresentaram menores teores de proteínas, lipídeos e cinzas quando comparadas à silagem armazenada a 20 °C.

Santana-Delgado, Avila e Stelo (2008) testaram o efeito de duas temperaturas de armazenamento sobre a hidrólise das silagens ácidas elaboradas com 1,3% v/p de ácido sulfúrico + 1% v/p de ácido propiônico com temperatura ambiente de 37 °C. Os autores concluíram que ao se armazenar a silagem à temperatura de 37 °C ocorre uma diminuição do tempo de hidrólise, evidenciando o efeito da temperatura nos processos hidrolíticos.

4.1.4 Temperatura das diferentes biomassas ensiladas

Na Tabela 4 estão representados os valores médios da temperatura das diferentes biomassas ensiladas. Verifica-se que no tempo zero houve diferença significativa ($P < 0,01$) em relação aos tratamentos, sendo que o T1 apresentou temperatura inferior (16,40°C) aos demais tratamentos. A maior temperatura foi observada para o T2 (19,60°C). Nos tempos 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento, não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,01$). Já aos 60 dias de armazenamento, a temperatura foi superior ($P < 0,01$) para o T4 e T5 em relação aos demais e aos 90 dias, observou-se que o T1 e T5, apresentaram menores temperaturas (22,8 e 22,9°C), enquanto que os tratamentos T3 e T4 apresentaram as maiores temperaturas (23,9 °C).

Tabela 4 Valores médios da temperatura das biomassas ensiladas (silagens ácidas) de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápia em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	16,4d	19,0a	19,60a	19,90a	21,1a	23,4b	22,8c
T2	19,60a	19,0a	19,7a	20,1a	21,3a	23,3b	23,4b
T3	17,5c	19,1a	19,9a	20,2a	21,1a	23,6b	23,9a
T4	18,0b	19,1a	19,8a	20,2a	21,3a	24,1a	23,9a
T5	17,4c	19,1a	20,2a	20,1a	21,3a	24,4a	22,9c
CV1 (%)				1,18			
CV2 (%)				1,47			
Erro padrão				0,18			
Média geral				20,74			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). *(T1 silagem 100% vísceras, T2 silagem 100% cabeças, T3 - silagem 100% de carcaça, T4 - silagem 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - silagem 15% vísceras + 20% cabeça + 47% de carcaça + 15% couro + 3% escamas).

Na Figura 6 estão demonstrados os valores médios de temperatura das biomassas, para cada tratamento e nos diferentes tempos. Observa-se efeito quadrático ($P < 0,01$) para todos os tratamentos, nota-se também que houve um comportamento semelhante entre os mesmos, onde houve um aumento gradativo da temperatura até próximo de 60 dias e posteriormente houve certa estabilização até o final do período.

Segundo Santana-Delgado, Avila e Stelo (2008) o aumento da temperatura eleva também a velocidade das reações, reduzindo o tempo de hidrólise, o que melhora a digestibilidade do material ensilado.

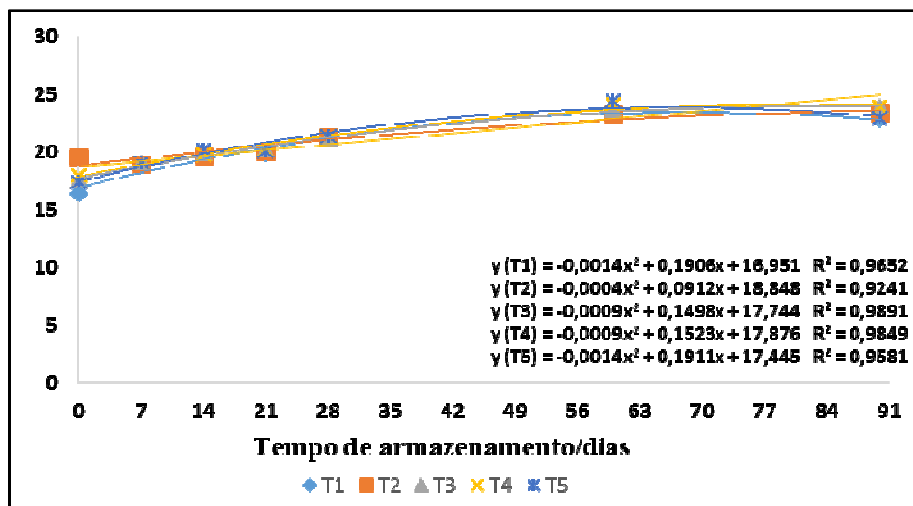


Figura 6 Equações de regressão para temperatura das biomassas ensiladas das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

4.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH) da silagem

Na tabela 5, encontram-se os valores médios de pH observados em cada tempo em função dos diferentes tratamentos de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias.

No momento em que a biomassa a ser ensilada, foi acidificada (Tempo zero) foram observados valores baixos de pH ($P < 0,01$) que variaram de 3,62 a 3,82, menores valores médios ocorreram em T1 e T4. Os demais tratamentos (T2, T3 e T5) apresentaram valores mais altos, os quais não diferiram entre si com pH médio de 3,8.

Sete dias após a elaboração das silagens os valores permaneceram baixos para todos os tratamentos, sendo que o menor valor de pH ocorreu em T3 ($P < 0,01$) com valor médio de pH 3,60. Os demais tratamentos (T1, T2, T4, e T5) apresentaram valores de pH superiores ($P < 0,01$) e estatisticamente iguais.

Aos 14 dias após ensilagem, o pH das silagens estavam baixo, bastante ácido, variando de 3,72 a 3,97, ressaltando-se que os valores mais baixos ($P<0,01$) foram obtidos para o T1 e o T3. Os outros tratamentos (T2, T4 e T5) não diferiram entre si e apresentaram valores mais altos que os demais.

Aos 21, 28, 60 e 90 dias de elaboração da silagem, o menor valor de pH ($P<0,01$) foi encontrado para T1. Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram valores estatisticamente semelhantes e superiores a 4.

Tabela 5 Valores médios de pH de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	3,62b	3,60a	3,72b	3,82b	3,90b	3,95b	3,98b
T2	3,82a	3,74a	3,91a	4,07a	4,18a	4,20a	4,23a
T3	3,81a	3,32b	3,80b	4,10a	4,14a	4,21a	4,26a
T4	3,65b	3,67a	3,87a	4,17a	4,13a	4,18a	4,18a
T5	3,77a	3,78a	3,97a	4,17a	4,180a	4,24a	4,24a
Média geral				4,14			
CV1%				1,18			
CV2%				1,47			
EP				0,054			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P<0,05$).*(T1 - silagem 100% de vísceras, T2 - silagem 100% de cabeça, T3 - silagem 100% de carcaça, T4 - silagem 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - silagem 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Na figura 7, encontram-se as curvas referentes ao pH para cada tratamento nos diferentes tempos. Foi observado efeito quadrático para todos os tratamentos, sendo que T1 apresentou o melhor ajuste ($R^2= 92,14$). Nota-se que de uma maneira geral houve aumento do pH nos tempos iniciais, atingindo valores máximos de pH de

4,01 aos 72 dias para o T1; 4,33 aos 76 dias para o T2; 4,17 aos 58 dias para o T3; 4,20 aos 53 dias para o T4 e para o T5 foi de 4,24 aos 90 dias.

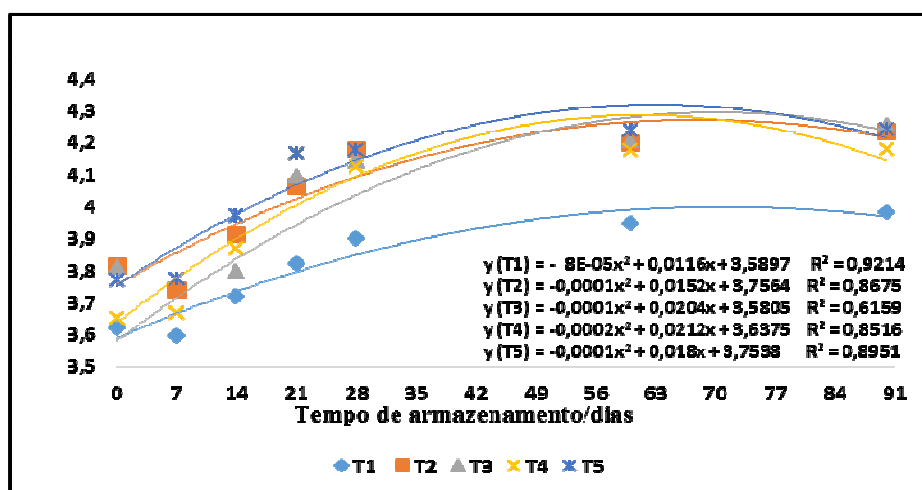


Figura 7 Equações de regressão para os valores de pH das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Os resultados apresentados parecem estar bastante coerentes uma vez que se notou um pH bastante baixo nos primeiros 14 dias, denotando uma maior hidrólise ácida nesse período e uma ligeira elevação à medida que a reação foi cessando e a silagem foi se estabilizando. A manutenção do pH baixo durante todo o processo contribuiu para a estabilidade microbiológica das silagens.

A atividade antimicrobiana dos ácidos orgânicos de cadeia curta está relacionada ao fato de eles provocarem redução do pH e a capacidade de dissociação de suas carboxilas. Em estado não dissociado, os ácidos orgânicos de baixo peso molecular possuem a habilidade de penetração passiva na célula microbiana. Após a penetração, ocorre a liberação de prótons e ânions, o que acarreta o abaixamento do pH intracelular. O aumento da força iônica aumenta a

pressão no interior da célula, causando a morte do micro-organismo (RODRIGUEZ-PALENZUELA, 2000; VIOLA; VIEIRA, 2007).

Segundo Benites (2003), o pH limite para manter a qualidade microbiológica das silagens é de 4,5. Nesse sentido, todos os tratamentos, independente do tempo de armazenamento, apresentaram valor médio inferior. Resultados semelhantes foram encontrados por Carmo (2008), que estudando silagens ácidas elaboradas com resíduos de tilápias com 5% v/p de ácido acético, observou pH em torno de 4,37.

No entanto, Maia Júnior (1998), em seus estudos utilizando a concentração de 17% v/p de ácido acético, na elaboração de silagens ácidas de resíduos de tilápias, verificou pH na faixa de 3,80 a 4,00 durante 60 dias de armazenamento. Também, Oliveira et al. (2006) ao avaliarem o valor nutritivo da silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápia (carcaça), na qual utilizaram a concentração 3% v/p de ácido fórmico, com o objetivo de utilizar a silagem em substituição à farinha de peixe na alimentação de organismo aquático, em seus resultados observaram valor médio de pH de 3,95 ao final dos 30 dias, valores esses intermediários ao do presente estudo.

De acordo com Dapkevicius et al. (1998) o pH abaixo de 4,5 e as características físicas da silagem de peixe levam a menor concentração de oxigênio dentro do material ensilado e são favoráveis à ação das enzimas aminoácido-descarboxilases de origem endógena, responsáveis pela formação de aminas biogênicas, consideradas risco à saúde do animal.

4.1.6 Oxidação Lipídica das silagens ácidas

Nota-se pelos resultados da Tabela 6 que houve variações significativas nos resultados das concentrações de malonaldeídos nas silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento, sendo que no início e no final do

tempo de armazenamento, ou seja, aos 0 e 90 dias, o T1 (100% de vísceras) apresentou maior concentração. O tratamento T4 (30% de cabeças + 70% carcaças) apresentou valores médios inferiores no tempo zero, 60 e 90 dias. Aos 7 dias, os tratamentos T2 (100% cabeças), T3 (100% carcaças) e T4, obtiveram os menores valores e não diferiram entre si. Aos 14 dias foi o tratamento T3 que apresentou menor valor médio. Já aos 21 e 28 dias o T2 foi o tratamento que apresentou valores inferiores em relação aos demais.

Tabela 6 Valores médios de malonaldeídos (mg/kg) obtidos de amostras das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	3,36a	1,17a	0,94a	1,10a	1,00a	2,36a	3,08a
T2	0,56b	0,22c	0,26b	0,18d	0,20d	0,43b	0,53b
T3	0,44c	0,23c	0,23c	0,25b	0,26b	0,36c	0,41c
T4	0,34d	0,21c	0,25b	0,22c	0,23c	0,28d	0,33d
T5	0,56b	0,38b	0,28b	0,23c	0,23c	0,44b	0,52b
Média geral				0,629			
CV1%				2,08			
CV2%				2,45			
Erro Padrão				0,009			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).*(T1 - silagem 100% de vísceras, T2 - silagem 100% de cabeça, T3 - silagem 100% de carcaça, T4 - silagem 30% de Cabeça + 70% de carcaça e T5 - silagem 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Pelos resultados da análise de regressão referente aos dados de TBA das silagens (Figura 9), houve efeito significativo para todos os tratamentos, sendo o modelo que melhor se ajustou foi o cúbico. Observa-se para o tratamento T1 que houve uma redução acentuada na concentração de TBA do tempo zero até atingir valor mínimo de 0,75 mg de malonaldeído/kg aos 25 dias de

armazenamento, com aumento significativo atingindo o valor máximo de oxidação de 3,70mg de malonaldeído/kg aos 84 dias de armazenmanto. Para os demais tratamentos as variações foram pequenas, sendo o menor e o maior valor atingido foi para o tratamento T2 (0,18 mg de malonaldeído/kg aos 24 dias e o aos 83 dias valor de 0,67 mg de malonaldeído/kg).

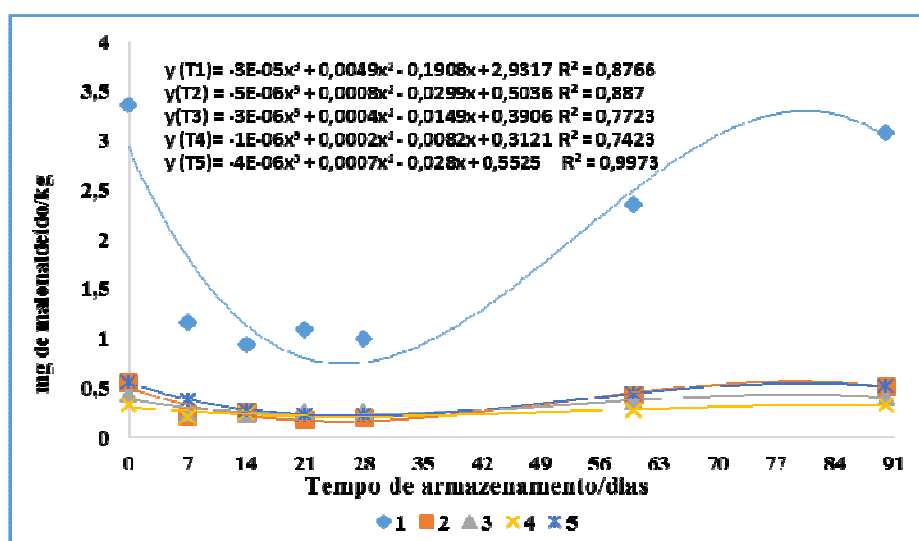


Figura 8 Equações de regressão para concentração média estimada de malonaldeídos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Segundo Araújo (2001), a análise de índice do ácido tiobarbitúrico (TBA - *Thiobarbituric acid*) é um método muito utilizado para avaliar a oxidação dos lipídios, que se baseia na reação de condensação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos.

Stevanato et al. (2007) em seus estudos, encontraram valores crescentes dos índices de TBA em farinha de cabeça de tilápia ao longo do armazenamento, com diferença significativa para os diferentes meses. Os valores variaram de 0,74 a 3,87mg

de malonaldeído/kg de farinha, para o tempo zero e 90 dias, respectivamente, sendo esses resultados superiores aos encontrados no presente trabalho para o tratamento T2 (100% cabeças), que variou durante esse mesmo período de armazenamento (0 a 90 dias) de 0,18 a 0,53 mg de malonaldeído/kg.

Fabrício et al. (2013), utilizando resíduos de pirambeba e tilápia na elaboração de caldos compactados de peixe, verificou um aumento significativo na concentração de malonaldeídos nos caldos compactados quando observado em diferentes dias após a fabricação.

Bragadóttir, Pálmadóttir e Kritbergsson (2004), relatam que estabilidade da farinha de peixe depende das condições de processamento e armazenamento, mas o habitat e as variações sazonais também são muito importantes. Nesse sentido, realizou um estudo com farinha de peixe capelin durante as quatro estações do ano, por quatro meses de armazenamento. Em seus resultados encontraram valores de TBA de 1 a 4 mg MA/kg. Verificaram também que a farinha produzida com peixes capturados no verão e primavera não apresentaram diferenças significativas, mas aquelas produzidas no outono o valor de TBA apresentaram reduzido em 40%. Já em relação à farinha produzida no inverno o valor de TBA foi praticamente duplicado em dois meses, ou seja, alterou de 2 para 4 mg MA/kg.

A oxidação lipídica é responsável pela produção de odores e sabores desagradáveis fazendo com que os alimentos fiquem impróprios para consumo, provocando ainda outras alterações que podem afetar tanto a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, quanto à integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (BRASIL, 2001; REISCHE; LILLARD; EITENMILLER, 2002).

Para diminuir a oxidação lipídica, o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2005) sugere a adição de antioxidantes, pois a oxidação, além de provocar desenvolvimento de odor e sabor desagradável, faz com que os alimentos

fiquem impróprios para consumo, provocando ainda outras alterações que podem afetar tanto a qualidade nutricional, quanto a integridade e segurança dos alimentos (REISCHE; LILLARD; EITENMILLER, 2002).

4.2 Caracterização dos óleos obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Os resultados da caracterização dos óleos brutos e purificados estão representados nas tabelas de 8 a 14 e nas figuras de 9 a 26.

Para as análises de rendimento, absorvância e ácidos graxos (AG) dos óleos, os resultados não foram submetidos às análises estatísticas.

4.2.1 Rendimento do óleo bruto e purificado

Nas figuras 9A e 9B, estão elucidados os resultados em forma de figura para melhor visualização. Em relação aos resultados referentes aos rendimentos dos óleos brutos, observa-se que os óleos obtidos de 100% de vísceras (T1) apresentaram rendimentos de 65,10% a 76,88% ao longo do armazenamento, enquanto os demais óleos apresentaram: T2- 100% cabeças – 41,05% a 47,71%; T3- 100% carcaças 30,02% a 39,96%; T4- cabeça + carcaça 30,69% a 39,16% e T5- vísceras + cabeça + carcaça + escamas + couro - 31,10% a 44,91%.

Porém, os óleos extraídos do tratamento (T1) apresentaram rendimentos baixos de recuperação após o processo de purificação (20% a 28%), enquanto que os demais óleos analisados, mesmo apresentando menores rendimentos de óleo bruto, apresentaram melhores rendimentos do purificado em relação ao tratamento 100% vísceras, sendo que o tratamento T2 obteve teores entre 16,30% a 31%; o T3 de 25,33% a 29,33%; o T4- 26,67% a 29,32 e o T5 (21,18% a 26,42%).

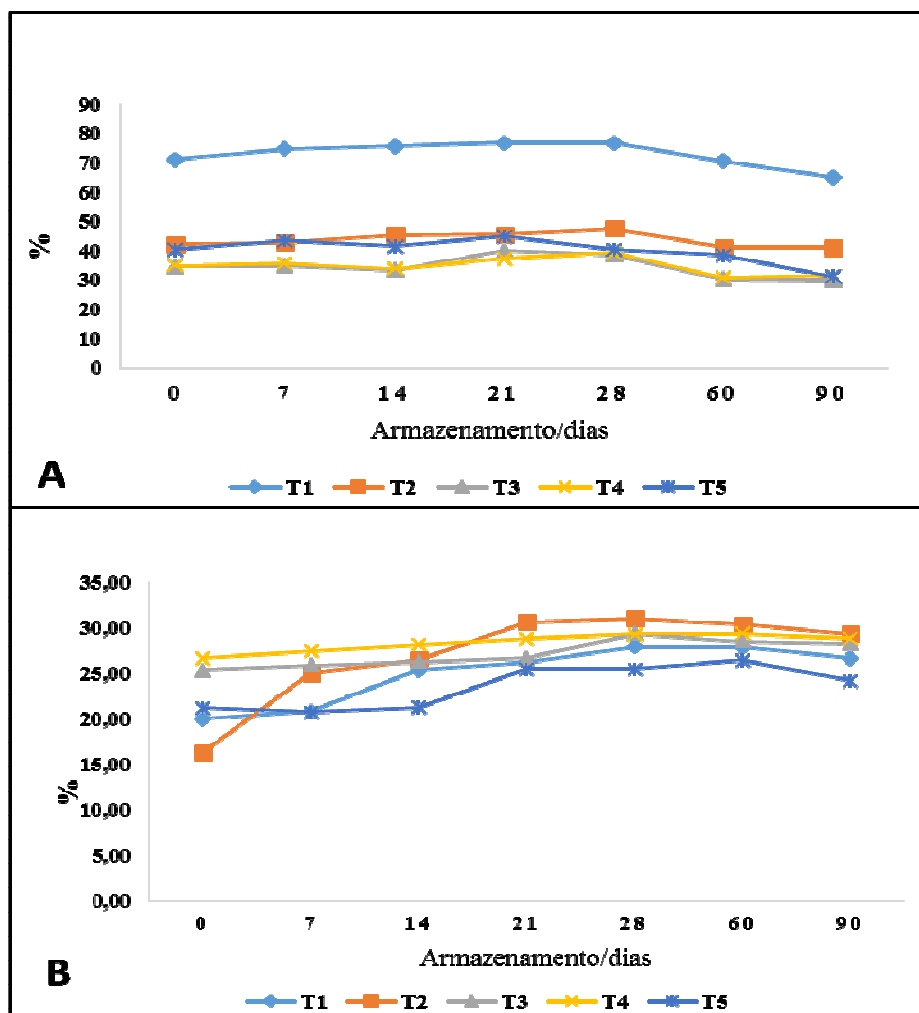


Figura 9 Rendimentos dos óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos de silagem ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento (g/100g da matéria-prima)

Verifica-se que nos períodos de 21 e 28 dias de armazenamento o rendimento dos óleos analisados de maneira geral atingiram os maiores picos, mostrando-se que se não for necessário maior tempo de

armazenagem devido espaço físico, não justifica um período superior a estes dias de tempo de armazenamento da silagem ácidas de resíduos da filetagem de tilápia para obtenção de óleos brutos.

Segundo O'Brien (2009), na etapa de neutralização (etapa do refino do óleo) devido à adição de solução alcalina ao óleo bruto ocasiona-se uma série de reações químicas e processos físicos, ou seja, o álcali reage com os ácidos graxos livres formando sabões; os fosfolipídios e gomas absorvem o álcali e são degradados, sendo absorvidos pelas gomas e solubilizado em água. Isso justifica o baixo rendimento, principalmente do óleo de vísceras ao passar pelo processo de refino.

Resultado superior foi encontrado por Rai et al. (2010), os quais avaliaram o rendimento de óleo produzido a partir de vísceras de peixe fresco, por meio de fermentação da silagem por ácido láctico obtiveram a recuperação de mais de 85% de óleo. Entretanto, esses autores relataram que, para melhor qualidade do óleo recuperado é fundamental o processo de refino.

Resultados inferiores aos da presente pesquisa foram encontrados por Martins (2015), testando o potencial de extração de óleo de peixe (tilápias) para a produção de biodiesel, por meio de cozimento dos resíduos na panela de pressão a 110°C por 01:30h e posteriormente prensados. Os resultados apresentaram rendimento de óleo de vísceras de 22%, de cabeça 9,23% e das misturas dos resíduos, 6,12% segundo esse mesmo autor, o tipo de resíduo utilizado interfere no teor de óleo. Vidotti e Gonçalves (2006) utilizando emprego de cocção e prensagem dos resíduos de tilápias para a produção e posterior caracterização de silagem, farinha e óleo, e sua utilização na alimentação animal, em seus resultados obtiveram um rendimento de 15% de óleo.

Também Gomes, Gontijo e Neves (2011) aplicando o mesmo método (Soxhlet) adotado nesse trabalho para a extração do óleo, utilizando

mistura de todos os resíduos do processamento de tilápias, obtiveram rendimento médio de 16% em óleo.

Já Segura (2012), com objetivo de avaliar o rendimento e as características físico-químicas dos óleos de vísceras de peixes de água doce, obteve um rendimento do óleo bruto de 27,58% da truta arco-íris, 42,53% do pacu e 13,75% do curimatá. Após esta análise selecionou o óleo da truta para o refino devido à mesma ser uma espécie de produção intensiva.

4.2.2 Absorbância

Os valores de absorbância para os óleos brutos e purificados obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento, estão graficamente representados na Figura 10A (bruto) e na Figura 10B (purificados).

Verifica-se que os tratamentos T1 e T3 apresentaram pequenas alterações nos valores de absorbância ao longo do armazenamento (2,18 a 2,21 e 1,96 a 2,09). Já os demais tratamentos iniciaram com valores decrescentes variando de 1,08 a 0,33 para o T2, de 1,71 a 0,39 para o T4 e para o T5 o comportamento variou, pois iniciou com 1,26, houve queda aos 21 dias de armazenamento (0,223) alterando até 0,389 aos 90 dias. No entanto, verifica-se que após a purificação o T1 continuou apresentando valor absoluto mais elevado com pequenas variações durante o período de armazenamento (1,724 a 1,793), enquanto que, para os demais tratamentos houve também variações, mas com certa estabilidade de valores entre os tratamentos (T2 0,053 a 0,083; o T3 0,07 a 0,094; T4 0,051 a 0,071 e o T5 0,034 a 0,074).

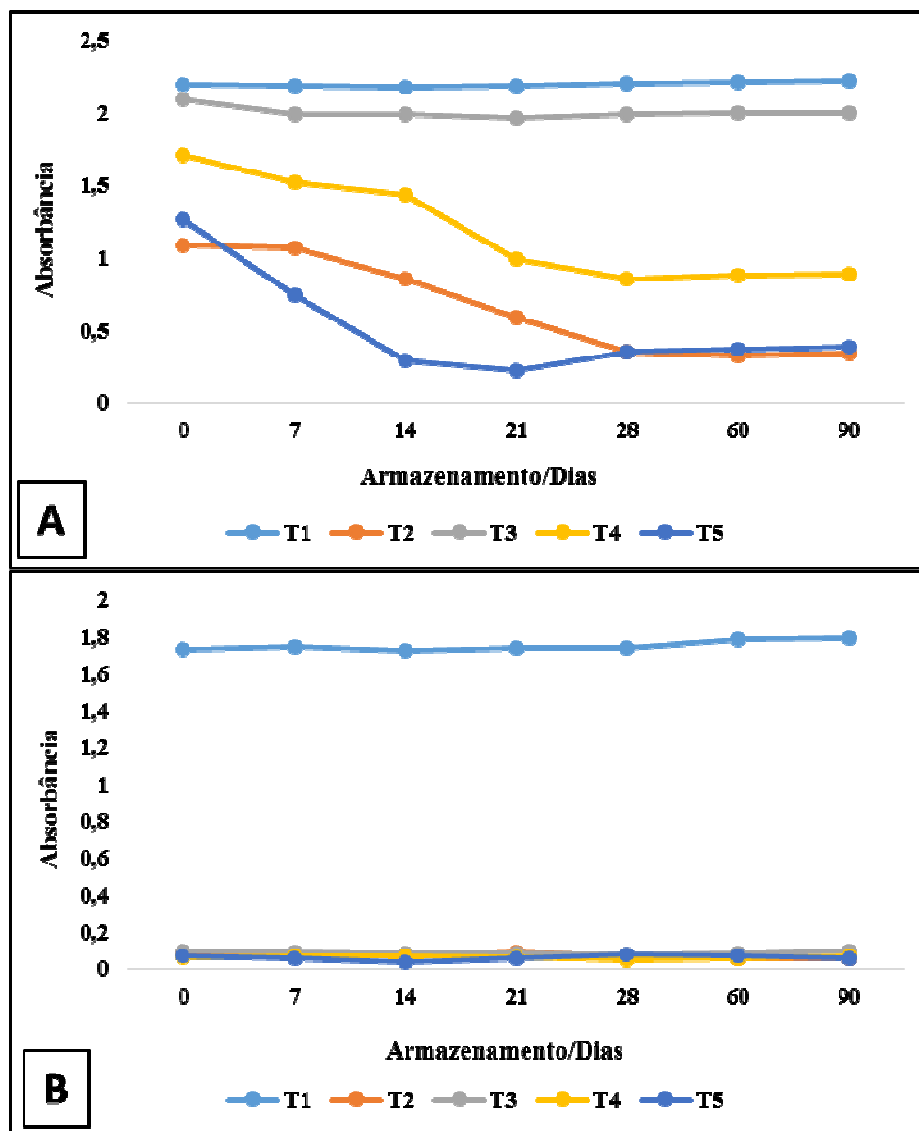


Figura 10 Absorbâncias de óleos brutos (A) e purificados (B) obtidos de silagem ácida elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

De acordo com Silva, Borges e Ferreira (1999), quanto maior o valor de absorvência mais elevado será o conteúdo em peróxidos (correspondendo, ao início do processo de oxidação) e de produtos secundários presentes.

4.2.3 Índice de peróxidos (IP)

Segundo Araújo (2004), o índice de peróxido age como indicador no estágio inicial da oxidação, e sua presença é um indicativo de início de deterioração, em função de sua instabilidade.

Estão representados nas Tabelas 7 e 8 os valores médios dos índices de peróxidos dos óleos brutos e purificados, obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.

Observa-se que tanto nos óleos brutos, quanto nos óleos purificados, apresentaram formação de peróxidos em todos os tratamentos e nos diferentes tempos de armazenamento (Tabelas 7 e 8).

Nos óleos brutos, os valores médios de índices de peróxidos foram mais elevados para os tratamentos T1, seguido pelo: T5, T3 e T4. Já o tratamento T2 apresentou os menores valores. Este comportamento foi observado em todos os tempos (Tabela 7).

Tabela 7 Índices de peróxido (meq/kg) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	6,27a	6,04a	5,76a	6,02a	5,68 ^a	6,31a	6,79a
T2	1,84e	1,85d	1,85d	1,85e	1,85e	1,84e	1,85e
T3	2,68c	2,68c	2,67c	2,66c	2,68c	2,67c	2,67c
T4	2,53d	2,53c	2,54c	2,47d	2,47d	2,45d	2,47d
T5	3,09b	3,08b	3,07b	3,09b	3,04b	3,08b	3,08b
Média geral				3,243			
CV1%				2,75			
CV2%				2,64			
EP				0,049			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - óleo 100% vísceras, T2 - óleo 100% cabeça, T3 - óleo 100% carcaças, T4 - óleo 30% Cabeça + 70% carcaça e T5 - óleo 15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas).

Observa-se na Tabela 8, que houve diferença significativa entre os tratamentos, onde o tratamento T1 manteve o valor médio mais elevado em todos os tempos de armazenamento e o T4 apresentou valor inferior em relação aos demais, exceto aos 21 e 28 dias que não diferiu do T2 e T3, e aos 90 dias também não diferiu do T2.

Observou-se ainda uma redução dos índices de peróxidos de acordo com o tempo de armazenamento, ou seja, para maioria dos óleos a redução ocorreu entre os dias 7 a 28, para quase todos os tratamentos. No óleo bruto os valores médios variaram ao longo do armazenamento, sendo que: no T1 apresentou a maior variação 5,68 meq/kg a 6,79 meq/kg, seguido pelo: T5 que foi de 3,04 meq/kg a 3,09 meq/kg; no T3 no qual observou valores de 2,66 meq/kg a 2,68 meq/kg e o T4 cuja variação foi de 2,45 meq/kg a 2,54, respectivamente. Já no T2 ocorreu a menor variação de 1,84 meq/kg a 1,85 meq/kg.

Tabela 8 Índices de peróxido (meq/kg) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	4,23a	3,47a	3,47a	3,09a	3,03 ^a	3,62a	3,59a
T2	2,08c	1,82c	1,75c	1,42c	1,42c	1,70b	1,74c
T3	2,34b	2,20b	2,14b	1,52c	1,46c	1,81b	2,17b
T4	1,69d	1,42d	1,38d	1,34c	1,35c	1,47c	1,53c
T5	1,89d	1,86c	1,78c	1,78b	1,78b	1,86b	2,12b
Média geral				2,095			
CV1%				3,90			
CV2%				6,94			
EP				0,083			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% carcaças, T4 - óleo 30% Cabeça + 70% carcaça e T5 - óleo 15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas).

Após a purificação, observa-se que o tratamento T1 continuou apresentando valores médios de peróxidos significativamente superiores ($P < 0,01$) variando de 2,12 meq/kg a 4,23 meq/kg; no T2 a variação ocorreu de 1,42 meq/kg a 2,08 meq/kg; no T3 observou valores de 1,46 meq/kg a 2,34 meq/kg; já para o T4 a variação foi de 1,34 meq/kg a 1,69 meq/kg e para o T5 verificou-se índices de 1,78 meq/kg a 2,12 meq/kg (Tabela 8).

De acordo com os parâmetros que caracterizam a qualidade dos óleos estabelecidos pela ANVISA (1999), os óleos brutos devem ter índice de peróxido de no máximo 20 meq/Kg. Porém, o óleo de pescado refinado para consumo humano, para ser considerado de boa qualidade não deve apresentar valor de índice de peróxido superior a 8 meq/kg óleo (BORAN; KARAÇAM; BORAN, 2006).

Nesse sentido, de acordo com a Tabela 7 em relação aos índices de peróxidos, todos os tratamentos estão abaixo do valor estabelecido pela

legislação, e em relação aos óleos purificados todos os óleos se enquadram como de boa qualidade para consumo humano (Tabela 8).

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 90 dias, para obtenção do óleo bruto, observa-se pela Figura 11 (A), que o modelo que melhor se ajustou foi o cúbico para os tratamentos T1 e T2, e para o T4 o modelo foi quadrático, para os demais tratamentos não houve significância. Observa-se que os maiores índices de peróxido foram obtidos no T1 em todos os tempos de armazenamento, atingindo valores máximos de 6,79 aos 90 dias. Já para os demais tratamentos não houve variações expressivas entre os mesmos.

Já para os óleos purificados (B), houve efeito quadrático para o tratamento T5 e efeito cúbico para os demais tratamentos, os quais se ajustaram muito bem a esses modelos com R² acima de 80%. Nota-se que os maiores índices de peróxido ocorreram no tempo zero, sendo que o T1 atingiu o índice máximo no início do período com valor de 4,13. Para os demais tratamentos os maiores valores foram: para T2 (2,11), T3(2,61), T4(1,65) e T5 (1,89).

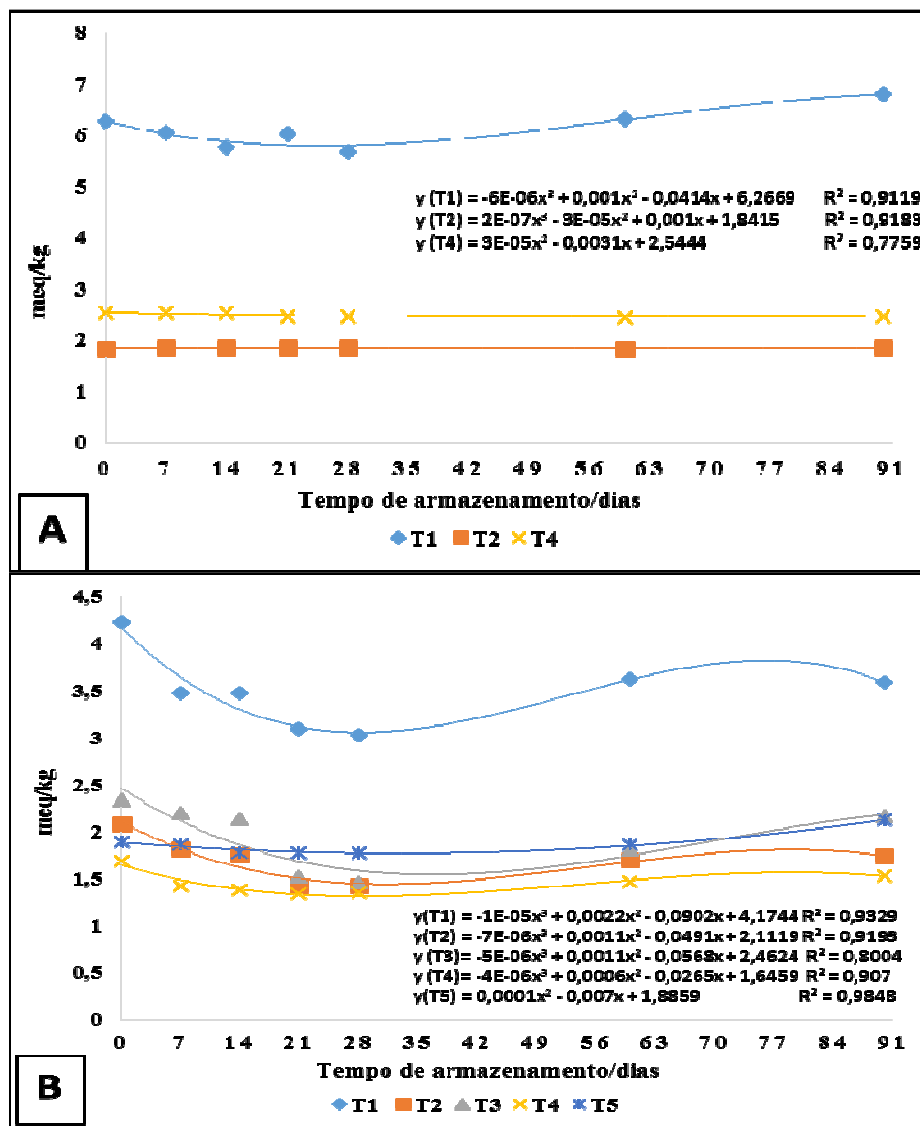


Figura 11 Equações de regressão para os valores médios de índice de peróxido para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Os resultados do presente estudo, não corroboram com Carmo (2009) e Seibel (2002) que em seus estudos avaliaram silagens ácidas possuindo diferente concentração de ácido acético, e observaram que os óleos não apresentaram formação de peróxidos durante o tempo de armazenamento (25 e 28 dias).

No entanto, Feltes (2006), encontrou no óleo bruto de sardinha índice de peróxido de 7,97 meq de $O_2.kg^{-1}$, sendo superior ao encontrado no presente estudo.

Monte (2010), estudando produção de óleo de pescado dos rejeitos de carpa a partir do processo de ensilagem ácida, encontrou em seus resultados valores de índice de peróxido de 1,90 meq peróxido kg^{-1} em óleos purificados.

Segundo Carvalho et al. (2006), um dos maiores problemas que ocorrem nos lipídeos presente na silagem é justamente quando a presença de oxigênio do ar acelera o processo de oxidação (rancidez) dos ácidos graxos livres insaturados, formados durante o processo de ensilagem, na fase pós-abertura dos silos e no seu armazenamento. Com isso, a oxidação dos lipídeos presentes na silagem pode causar formação de peróxidos que podem complexar as proteínas e conseqüentemente destruir os aminoácidos (ARRUDA, 2004).

4.2.4 Índice de saponificação

Segundo a ANVISA (1995) para óleos de fígado de bacalhau o limite é de 180 $mgKOH.g^{-1}$ a 192 $mgKOH.g^{-1}$ e para cação de 170 $mgKOH.g^{-1}$ a 195 $mgKOH.g^{-1}$.

Araújo (2004) relata que o índice de saponificação é um importante atributo de qualidade dos óleos, uma vez que indica o peso molecular médio dos ácidos graxos esterificados ao glicerol, e que o valor inferior indica a existência de ácidos graxos com peso molecular elevado, e um valor superior indica a existência de ácidos graxos de pequeno peso molecular.

Na Tabela 9 estão demonstrados os valores médios de índice de saponificação para o óleo bruto. Observa-se que o T1, apresentou valores significativamente superiores de índice de saponificação, durante todo período

de armazenamento, exceto aos noventa dias que não diferiu do T5. Os tratamentos T2 e o T3 apresentaram de maneira geral os menores valores.

Tabela 9 Índices de saponificação (mgKOH. g⁻¹) de óleo bruto obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	146,20a	144,02a	145,66a	143,89a	147,65a	142,38a	142,32a
T2	123,38d	126,69c	124,61c	123,78c	124,84c	125,05c	125,01c
T3	126,05d	124,62c	123,31c	120,82c	120,26c	121,55c	123,22c
T4	134,53c	132,13b	136,97b	137,21b	136,28b	133,02b	129,27b
T5	141,12b	133,68b	137,38b	138,78b	137,46b	134,32b	139,16a
M. geral	132,76						
CV1%	1,85						
CV2%	2,19						
EP	1,677						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

*(T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Na Tabela 10 estão demonstrados os valores médios dos índices de saponificação dos óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.

Nota-se que em todos os tempos de armazenamento (Tabela 10), o T1 apresentou maiores valores de índices de saponificação em relação aos demais tratamentos (p<0,01), o que já era esperado uma vez que os óleos de vísceras, mais ricos em ácidos graxos saturados possuem maior capacidade de formar sabões.

Tabela 10 Índices de saponificação (mgKOH. g^{-1}) dos óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Trat*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	136,86a	133,08a	134,53a	136,27 ^a	133,79 ^a	134,14a	135,57a
T2	109,90d	109,23d	109,50d	111,01e	109,55e	110,21d	111,69d
T3	125,86b	124,25b	125,31b	126,27b	126,67b	123,50b	122,59b
T4	117,52c	118,59c	115,72c	114,91d	114,58d	116,38c	117,74c
T5	124,51b	125,59b	122,65b	121,75c	121,22c	123,20b	124,77b
MG**				121,956			
CV1%				1,10			
CV2%				1,38			
EP				0,97			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*Tratamentos (T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas). ** Média Geral

Na Figura 12 estão representadas as equações de regressão referente aos índices de saponificação do óleo bruto (A) e óleo purificado (B).

Observa-se pelos resultados do óleo bruto que o modelo cúbico foi o que se ajustou melhor para os tratamentos T3 e T4, já para os demais tratamentos não houve efeito significativo. Verifica-se que os maiores índices de saponificação para os tratamentos T3 e T4 foram de 125,54 e 138,38 mgKOH.g^{-1} no tempo zero de armazenamento.

Para os resultados do óleo purificado referente ao índice de saponificação, houve significância apenas para os tratamentos T3, T4 e T5, onde o modelo que melhor se ajustou também foi de terceiro grau e o R^2 para todos os tratamentos ficaram acima de 70%. Observa-se ainda que não houve grandes variações no índice ao longo do período, sendo que o T3 atingiu o valor máximo (127,73) aos 26 dias, o T4 (118,42) no tempo zero e T5 (125,46) aos 90 dias.

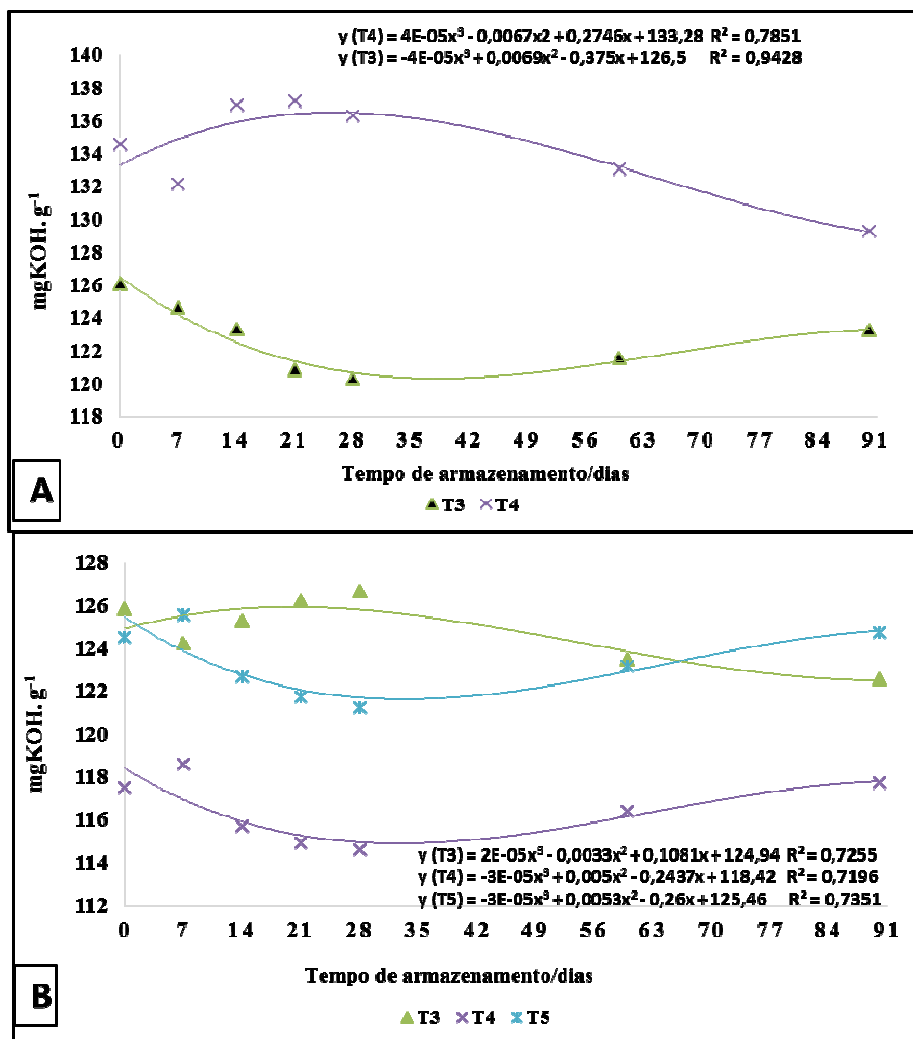


Figura 12 Equações de regressão para os valores médios de índice de saponificação para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Valores superiores aos encontrados para os índices de saponificação foram observados por vários outros autores relatados na literatura. Carmo (2009), em estudos utilizando o mesmo tipo de matéria-prima do presente estudo, para extração de óleo seus resultados variaram entre 164,50 a 168,89 mgKOH.g, no período de 0 a 28 dias de armazenamento. Nesse mesmo intervalo de avaliação o T4 (óleo bruto de cabeça + carcaça) apresentou valores de 141,12 e 129,27 mgKOH. g⁻¹. A diferença de valores pode estar relacionada ao método de extração do óleo e as propriedades físicas e biológicas da matéria-prima primária utilizada.

Em vísceras de peixes de água doce, Segura (2012), extraiu e caracterizou óleos e obteve resultado dos índices de saponificação de 226,49 mgKOH.g⁻¹ para a truta arco-íris; para o pacu foi 237,80 mgKOH.g⁻¹ e para o curimatá foi de 234,23 mgKOH.g⁻¹.

Também Benites (2003) avaliando óleo bruto de silagens ácidas e Vidotti e Gonçalves (2006) estudando a qualidade do óleo de tilápia obtido por meio do processamento da farinha deste peixe, os quais observaram valores de índice de saponificação de 184,40 mgKOH.g e 197 mgKOH.g.

Resultado semelhante foi encontrado por Maia Júnior et al. (1998), estudando silagens ácidas com concentração de 17% v/p de ácido acético de resíduos da filetagem de tilápias, obtiveram índice de saponificação nos óleos de 126,78 mgKOH.g.

Entretanto, os valores observados na presente pesquisa para os óleos refinados foram inferiores aos encontrados por Grunennvaldt, Crexi e Pinto (2005), trabalhando com óleos refinados de silagem ácida, observaram valores de 186,70 mgKOH.g⁻¹. Também Monte (2010), em óleo de pescado dos rejeitos de carpa a partir do processo de ensilagem ácida, em seus resultados encontrou valores de índice de 203mg KOH g⁻¹.

4.2.5 Índice de acidez

O índice de acidez refere-se à quantidade em miligramas de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos graxos livres em um grama de amostra. De acordo com o RIISPOA, óleo de pescado deve apresentar no máximo 3% de acidez em ácido oleico (BRASIL, 1997).

Para todos os tempos de armazenamento do óleo bruto obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias os resultados para o T1 (100% vísceras) apresentaram os maiores índices de acidez (% em ácido oleico), variando de 26,25 a 33,99 %, seguido do tratamento T4 que teve seus índices variando de 18,08 a 20,43%, enquanto que o T2 apresentou valores inferiores aos demais com variação de 2,09 a 2,57 % (Tabela 11).

Tabela 11 Índices de acidez (% em ácido oleico) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Trat*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	33,99a	26,39a	26,25a	26,00a	26,91 ^a	26,77a	26,49a
T2	2,09e	2,23d	2,25d	2,33d	2,25d	2,47d	2,57d
T3	10,78c	4,73c	4,72c	4,54c	4,89c	5,02c	5,04c
T4	4,63d	3,38d	3,58c	3,89c	3,64c	3,63d	4,19c
T5	20,43b	19,29b	18,42b	18,12b	18,76b	18,08b	18,82b
M.geral	11,643						
CV1%	9,05						
CV2%	8,90						
EP	0,60						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*Tratamentos (T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Na tabela 12 estão demonstrados os resultados do índice de acidez (% em ácido oleico) dos diferentes óleos de silagem purificados. Nota-se que os índices de acidez do óleo purificado extraído da silagem de vísceras (T1)

apresentaram valores significativamente superiores que variaram de 10,32 a 11,64% em ácido oleico, em relação aos demais óleos extraídos nos diferentes outros tratamentos, os quais não diferiram entre si e houve uma variação de 0,41 a 0,56% em ácido oleico. Comparando os resultados do índice de acidez do óleo bruto em relação ao índice de acidez do óleo purificado, observa-se que houve uma redução centuada na acidez do óleo purificado.

Tabela 12 Índices de acidez (% em ácido oleico) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	11,64a	11,33a	11,33a	11,19a	10,32a	11,23a	11,33a
T2	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c
T3	0,55b	0,56b	0,56b	0,56b	0,56b	0,56b	0,56b
T4	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c
T5	0,42c	0,42c	0,42c	0,42c	0,41c	0,42c	0,42c
Média geral				2,60			
CV1%				4,75			
CV2%				3,00			
EP				0,50			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*Tratamento (T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

De acordo com o RIISPOA, óleo de pescado deve apresentar no máximo 3% de acidez em ácido oleico (BRASIL, 1997). Nesse sentido, o óleo bruto do tratamento T2 (100% cabeças) foi o único que enquadrado dentro dessa classificação. No estante, após o processo de purificação, todos os óleos se enquadram bem abaixo do valor máximo de acidez estabelecido. Vale também ressaltar que o índice de acidez está diretamente relacionado com a qualidade do óleo, pois quanto menor acidez melhor a qualidade.

Pelos resultados das equações de regressão referente aos índices de acidez (% em ácido oleico) para os óleos brutos obtidos das silagens ácidas

elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias representados na Figura 13, observa-se que houve significância apenas para os tratamentos T1, T3 e T5 e o modelo que melhor se ajustou para os dados do óleo bruto foi de terceiro grau. Nota-se que os maiores índices de acidez ocorreram no tratamento T1 sendo que o ponto máximo do índice de acidez foi de 32,20% em ácido oleico no tempo zero, ou seja, no início do experimento, já para T5 o valor máximo (20,45% em ácido oleico) foi obtido aos 90 dias, enquanto que para o T3 o valor máximo foi de 9,39% em ácido oleico no tempo zero.

Para a análise de regressão dos dados referente aos índices de acidez dos óleos purificados ao longo do período de armazenamento, não houve significância para nenhum dos tratamentos utilizados.

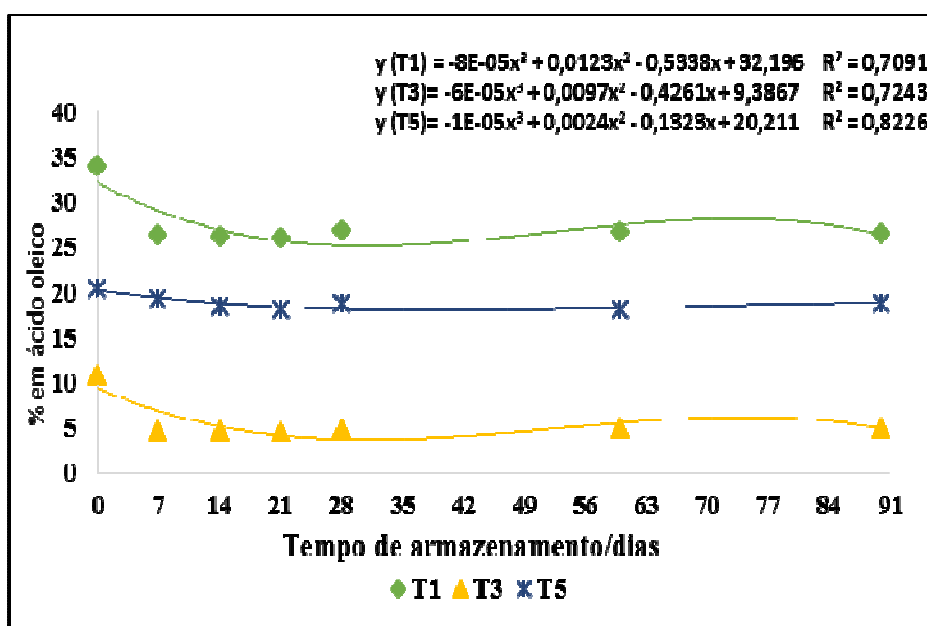


Figura 13 Equações de regressão para os valores médios de índice de acidez para os óleos brutos, obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Diferentes resultados foram encontrados por Carmo (2009) cujos valores foram decrescentes para a acidez avaliada ao longo do período de armazenamento, sendo de 7,29 a 6,11% em ácido oleico. O índice de acidez apresentado tanto para o óleo de sardinha quanto para o óleo de pescada amarela apontou ótimos valores pela extração à quente em relação à extração à frio, sendo que a pescada amarela apresentou o maior valor de 1,73% em ácido oleico (SOUSA et al., 2012).

Resultado semelhante ao presente trabalho foi observado por Souza, Melo Filho e Barreto (2007) com extração de óleo de aracú-cabeça-gorda, utilizando hexano como solvente, onde obtiveram índice de AGL de 0,44%, enquanto que no presente estudo os valores médios para os óleos purificados foram de 0,41 a 0,56% em ácido oleico, exceto para T1.

Menegazzo, Petenuci e Fonseca (2014), em seus estudos, com óleo bruto extraído por filtração e aquecimento da gordura residual obtido a partir do processamento de carnes mecanicamente separadas de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e surubim híbrido (*Pseudoplatystoma corruscans* × *P. fasciatum*), em seus resultados, verificaram que a refinação reduziu o índice de acidez do óleo bruto, no entanto, favoreceu a oxidação do óleo pelo aumento do índice de peróxido.

A determinação do índice de acidez fornece um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. Processos de decomposição alteram quase sempre a concentração dos íons hidrogênio, e a decomposição dos glicerídios é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez que na maioria das vezes, formam ácidos graxos livres.

4.2.6 Índice de refração

O índice de refração de óleos e gorduras é muito usado como critério de qualidade e identidade, quando refere-se ao óleo, esse índice

aumenta com o índice de iodo e pode ser usado no controle de processos de hidrogenação de óleos insaturados (CECCHI, 2003).

Observou-se nos resultados do presente estudo que não houve diferenças significativas ($P>0,05$) no índice de refração para os óleos brutos e purificados tanto entre os tratamentos, quanto nos tempos de armazenamento, onde foi verificado que os índices de refração apresentaram significativamente os mesmos resultados a 25°C, cujos valores obtidos ficaram na faixa de 1,40 a 1,47.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Oliveira (2008), estudando a razão entre ômega-6/ômega-3, AGPI/AGS e caracterização físico-química do óleo de filé de peixe *Collossoma macropomum* (tambaqui) cultivados no Estado de Roraima, observou índice de refração de 1,459 a 1,4561. Também Segura (2012), em experimentos com óleos brutos de vísceras de truta arco-íris, pacu e curimatá, extraídos por congelamento, verificou índice de iodo a 25°C de 1,4703, 1,4691 e 1,4715. Esse mesmo autor no óleo purificado de truta arco-íris obteve também resultado semelhante ao encontrado no óleo bruto, 1,4704.

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo e está relacionado com o grau de saturação das ligações, mas é afetado por outros fatores, tais como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico (AOCS, 2009).

4.2.7 Índice de Iodo

O índice de iodo é uma medida da insaturação dos óleos, assim, quanto mais elevado for seu conteúdo, maior será o índice de insaturações dos ácidos graxos constituintes dos óleos (ARAÚJO, 2004). Sendo que, as gorduras insaturadas têm índice de iodo maior do que as gorduras saturadas.

Estão demonstrados na Tabela 13, os valores médios dos índices de iodo (gI/100g), de diferentes óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento.

Observa-se que no início do experimento (tempo zero), o tratamento T1 apresentou significativamente o maior valor médio de índice de iodo (135,33 gI/100g), enquanto que o T2 e o T4, apresentaram significativamente os menores índices (120,89gI/100g e 119,22gI/100g). Aos 7 e 90 dias de armazenamento o T1 e o T5 apresentaram os maiores índices (124,15gI/100g e 122,23gI/100g), e os demais tratamentos não diferiram. Aos 14 e 21 dias os tratamentos T1, T4 e T5 foram significativamente superiores. Já aos 28 e 60 dias de armazenamento não houve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos.

Na Tabela 14, estão representados os valores médios dos índices de iodo de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos. Observa-se que em todos os períodos de armazenamento os óleos purificados do tratamento T3 apresentaram significativamente menores índices de iodo (122,99 a 129,01gI/100g), em relação aos demais tratamentos que não diferiram estatisticamente ($P>0,05$), e os índices variaram entre 131,68 a 138,44 gI/100g, exceto para T2 que aos 21 e 28 dias, apresentaram índices de iodo intermediários aos demais tratamentos (131,88 e 128,07 gI/100g).

Tabela 13 Índices de iodo (gI/100g) de óleos brutos obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Trat*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	135,33a	124,15a	123,64a	123,59a	121,57a	121,35a	126,81a
T2	120,89c	114,97b	114,88b	114,10b	117,24a	119,94a	122,67b
T3	127,62b	116,72b	115,43b	116,74b	117,99a	120,72a	125,44b
T4	119,22c	117,17b	119,43a	119,63a	118,85a	120,45a	122,40b
T5	124,22b	122,23a	120,00a	119,51a	119,40a	124,84a	128,27a
M. geral	121,069						
CV1%	3,38						
CV2%	3,28						
EP	1,593						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*Tratamentos (T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Tabela 14 Índices de iodo (gI/100g) de óleos purificados obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Trat*	Tempo						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	138,66a	134,89a	136,66a	137,32a	132,11a	135,76a	137,33a
T2	134,79a	132,96a	133,87b	131,88b	128,07b	131,68a	133,84a
T3	126,90b	124,93b	122,99c	123,00c	123,70b	128,16b	129,01b
T4	138,02a	138,44a	136,46a	136,78a	132,67a	132,68a	133,90a
T5	137,68a	135,13a	134,82b	133,55b	132,34a	134,40a	137,83a
M. geral	132,99						
CV1%	1,65						
CV2%	2,02						
EP	1,55						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*Tratamentos (T1 - óleo 100% de vísceras, T2 - óleo 100% de cabeça, T3 - óleo 100% de carcaça, T4 - óleo 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - óleo 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Na figura 14 estão demonstrados os resultados das análises de regressão referentes aos dados dos índices de iodo (gI/100g), para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos das silagens ácidas de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápias. Observa-se pelos resultados do óleo bruto que o modelo o qual melhor se ajustou para os tratamentos T2 e T5 foi cúbico. Para os demais tratamentos não houve significância. Observa-se ainda que o maior índice ocorreu no T5 aos 90 dias atingindo o ponto máximo de 129,52 gI/100g.

Com relação ao óleo purificado o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para o tratamento T4 e para o T3 e T5, foi cúbico, nos demais tratamentos não houve significância. Observa-se pela figura 14, que os tratamentos T4 e T5 não apresentaram grandes variações ao longo do período de armazenamento e apresentaram valores máximos no início do experimento de 138,92 gI/100g e 137,58 gI/100g. Já o T3 apresentou os menores valores em todos os períodos atingindo o valor máximo de 127,85gI/100g, que ocorreu aos 72 dias.

Os valores dos índices de iodo do presente estudo tanto para os óleos brutos, quanto para os purificados, estão dentro da faixa citada por Bernardini (1986) para óleo de pescado de origem marinha 120 – 190 $\text{cg I}_2\text{g}^{-1}$. De acordo com o Compendio Brasileiro de Alimentação Animal – CBAA (2004), os parâmetros analíticos desejáveis para o índice de iodo em óleo de peixe é de 170 a 190 $\text{cg I}_2\text{g}^{-1}$.

Os valores médios de índices de iodo obtidos neste trabalho (121,69) estão de acordo com os resultados encontradas por Benites (2003), Carmo (2009) e Seibel e Souza-Soares (2003) que encontraram, em óleos brutos extraídos de silagem ácida, 113,59; 120,00 e 120,27 gI/100g. Todavia, valores inferiores foram relatados por Vidotti e Gonçalves (2006), que obtiveram 87,8 CgI/g em silagens ácidas (1% fórmico +1% sulfúrico).

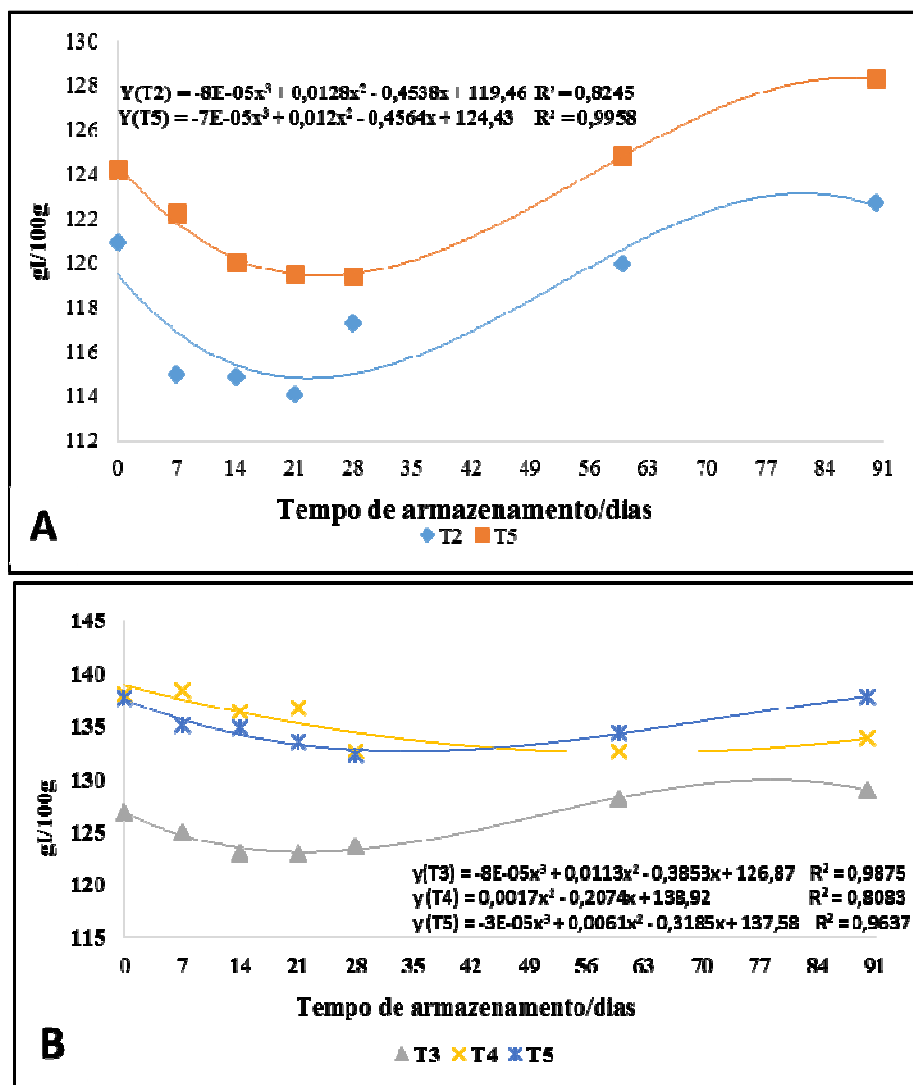


Figura 14 Equações de regressão para os valores médios de índice de iodo para os óleos brutos (A) e purificados (B), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Monte (2010), estudando produção de óleo de pescado dos rejeitos de carpa a partir do processo de ensilagem ácida, em seus resultados encontrou valores de índice de iodo $116\text{cg I}_2 \text{ g}^{-1}$ em óleo refinado. No presente estudo o valor médio do índice de iodo para o óleo refinado, foi de $132,99 \text{ gI}/100\text{g}$.

Valores semelhantes de índices de iodo de óleos purificados foram encontrados por Grunennvaldt, Crexi e Pinto (2005), que observaram em óleos refinados de silagens ácidas, $134,8 \text{ gI}/100\text{g}$. Esse mesmo autor e colaboradores em estudo relacionado a caracterização físico-química de óleos refinados obtidos por meio do processo de silagem ácida (a) e termomecânico (b) de pescado da espécie corvina (*Micropogonias furnieri*), encontraram valores de índices de iodo (a) $135\text{gI}/100\text{g}$ e (b) $134 \text{ gI}/100\text{g}$, respectivamente. Os autores concluíram que o óleo de pescado refinado de corvina obtido pela silagem ácida apresentou características semelhantes ao obtidos via processo termomecânico (CREXI et al., 2007).

4.2.8 Perfil de ácidos graxos

Em geral, o óleo de peixe é composto por uma variedade de ácidos graxos (saturados, mono e poli-insaturados) (FELTES et al., 2010), que podem ser observados quando submetidos à identificação e à quantificação, feitas por comparação dos tempos de retenção dos ésteres contidos no padrão SupelcoTM 37 FAME MIX (Figura 15) por cromatografia gasosa de alta eficiência.

Quando comparados os tempos de retenção do padrão SupelcoTM 37 FAME MIX (Figura 15) com os das amostras esterificadas dos óleos brutos e purificados, observou-se a presença de vários ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

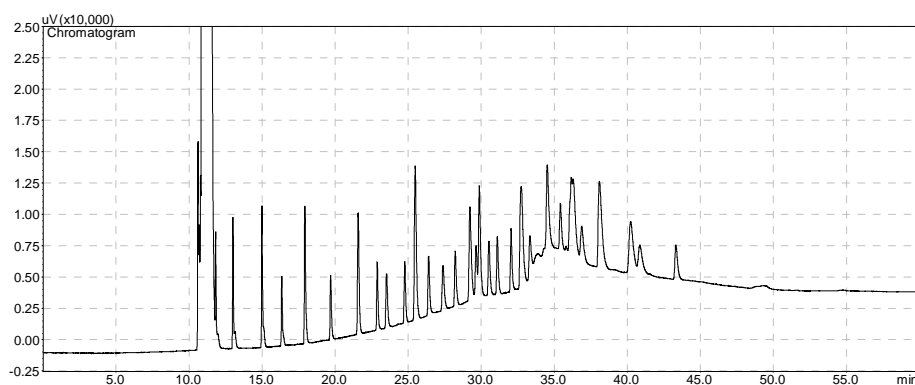


Figura 15 Perfil de ácidos graxos do padrão Supelco™ 37 FAME MIX, onde cada pico da figura é representado por um ácido graxo, identificado pelo tempo de retenção

Na Figura 16, estão representados os perfis de ácidos graxos (AG/g/100g), do óleo bruto T1 (100% vísceras) em diferentes tempos de armazenamento.

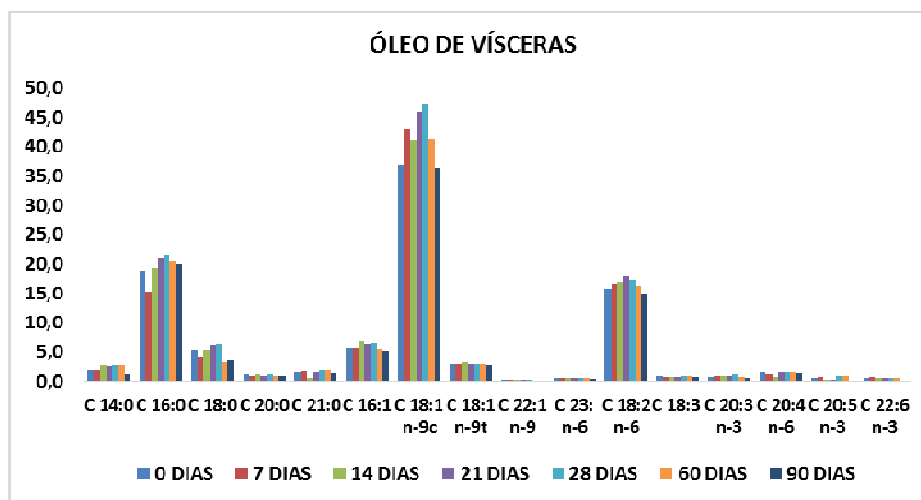


Figura 16 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T1 (100% vísceras) obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Observa-se que o T1 apresentou como majoritários os ácidos oleico-*cis* (C18:1 n-9c), palmítico (C16:0) e linoleico (C18:2n-6), bem como palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico-*trans* (C18:1 n-9t) e mirístico (C14:0) em quantidades menores. Já os demais ácidos apresentaram baixas concentrações, como exemplo, os ácidos AA (C20:4), EPA (C20:5) e DHA (C22:6) e que são de importância fisiológica.

Em estudos realizados por Segura (2012), com óleos brutos de vísceras de truta arco-íris, pacu e curimatá, extraídos por congelamento, as porcentagens de ácidos graxos mais abundantes foram: palmítico, oleico, e linoleico, apresentando também pequena quantidade para os ácidos EPA e DHA, o que se assemelha ao do presente estudo.

Pode-se observar (Figura 17) que o óleo T2 (óleos brutos com 100% cabeças) apresentou perfil de ácidos graxos semelhantes aos do óleo do T1, com ácidos majoritários oleico-*cis*, palmítico e linoleico, bem como palmitoleico, esteárico, oleico-*trans* e mirístico em quantidades menores e os demais ácidos apresentaram baixas concentrações, como exemplo os ácidos AA, EPA e DHA.

Em estudo realizado por Visentainer (2003), foram observados picos de ácidos graxos em cabeça de tilápias jovens, alimentadas com ração comercial, semelhantes aos do presente estudo: oleico, palmítico e linoleico. Já Matsushita et al. (2003), encontraram picos de ácidos graxos em cabeça de tilápias, alimentadas com ração contendo óleo de linhaça em sua composição, também semelhantes, porém, em quantidade majoritária diferente: ácidos linoleico, oleico e palmítico, bem como houve presença em menores quantidades de outros ácidos graxos.

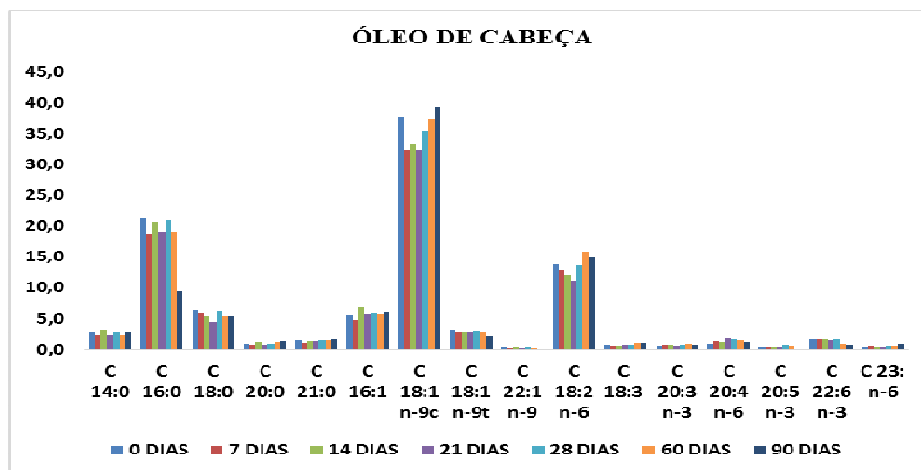


Figura 17 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T2 (100% cabeças de tilápia), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Richard et al. (2007) avaliaram a influência do tipo de lipídios e a deficiência de denominados ácidos graxos na sobrevivência, crescimento e composição de ácidos graxos de trutas arco-íris, utilizando diferentes rações experimentais com diferentes fontes lipídicas e determinaram que os níveis de acúmulo de DHA, EPA e AA apresentam relação com os níveis de inclusão na respectiva dieta, sendo pouco influenciada pela presença dos precursores ALA (C18:3n-3) e LA (C18:2n-6).

Com base nesse estudo pode-se supor que os baixos níveis desses ácidos graxos no óleo de cabeça de tilápia tenha ocorrido pela influência do perfil lipídico da dieta, que possivelmente continham baixos teores de ácidos graxos poli-insaturados AA, EPA e DHA.

Observa-se nas Figuras 18, 19 e 20 que houve uma semelhança nos perfis de ácidos graxos, nos diferentes tratamentos, como os citados anteriormente, ácidos majoritários oleico-*cis* (C18:1 n-9c), palmítico (C16:0) e linoleico (C18:2n-6), bem como palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico-*trans* (C18:1 n-9t) e mirístico

(C14:0) em quantidades menores. Já os demais ácidos apresentaram baixas concentrações, como exemplo, os ácidos AA (C20:4), EPA (C20:5) e DHA (C22:6) variando apenas as suas quantidades.

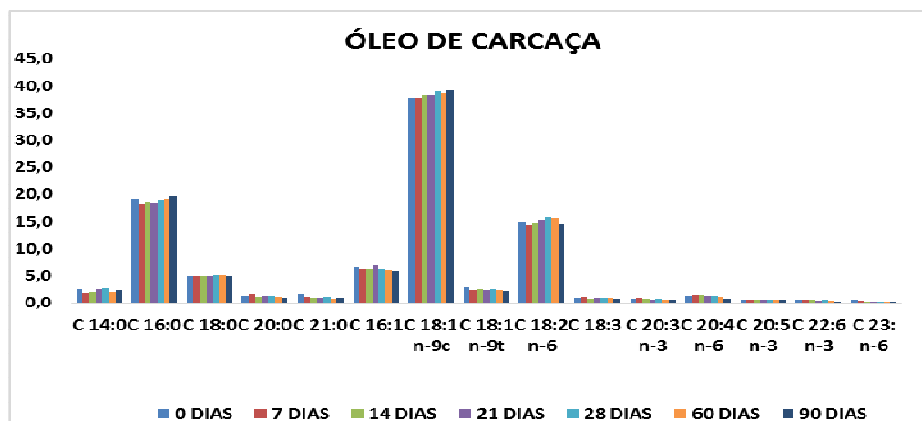


Figura 18 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T3 (100% carcaças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

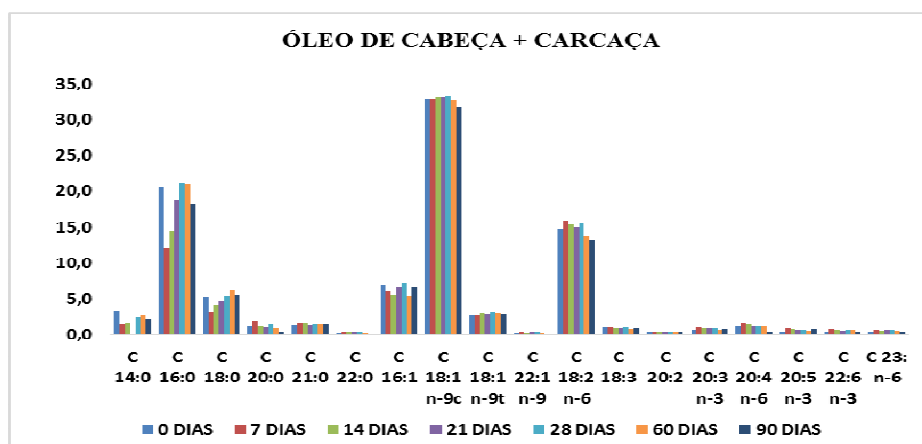


Figura 19 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T4 (30% cabeça + 70% carcaça), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

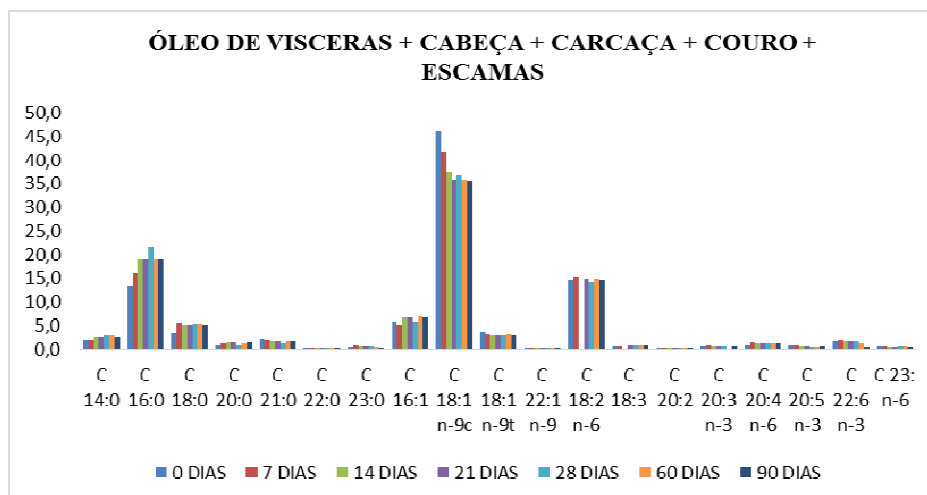


Figura 20 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (AG/g/100g), no óleo bruto T5 (15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tanto os lipídios, quanto a composição dos ácidos graxos presentes na dieta podem influenciar diretamente na composição dos ácidos graxos presentes na carcaça, na resposta imunológica não específica e, por consequência, na resistência às doenças da maioria dos animais, inclusive em peixes. O mecanismo pelos quais os ácidos graxos atuam sobre a resposta de defesa é conferido, em parte, à composição lipídica da membrana e suas propriedades físicas, que promovem a ativação da produção das citocininas, pela atuação sobre a proteína quinase C, modificando os sinais de transdução, ativando receptores de membrana e também influência na produção da prostaglandina e leucotrienos pelos macrófagos (BALFRY; HIGGS, 2001; BLAZER, 1992; GATLIN, 2002; SAKABE, 2007).

Segundo Logato (2000), além de atender as exigências nutricionais dos peixes, ambas as séries de ácidos graxos essenciais (n-3 e n-6) produzem quatro séries

de eicosanoides fisiologicamente ativos como prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos e leucotrienos, envolvidos na contração da musculatura de alguns órgãos, coagulação sanguínea e processos imunológicos e inflamatórios.

O papel dos ácidos graxos da família n-3 é manter a fluidez da membrana fosfolipídica, principalmente à baixa temperatura. Os peixes alteram a composição dos fosfolipídeos das membranas em resposta às mudanças de temperatura do ambiente (FRACALOSSO; LOVELL, 1995; WEBSTER; LOVELL; CLAWSON, 1994).

Segundo Sakabe (2007), a exemplo dos mamíferos, os peixes não conseguem sintetizar ácidos graxos das famílias linolênica (série n-3) e linoleica (série n-6) e, portanto devem ser supridos na dieta para obter o crescimento satisfatório e manutenção do bom estado de saúde.

De forma geral observa-se que as exigências nutricionais em ácidos graxos essenciais variam entre outras causas, com a espécie e o tamanho dos peixes, com a temperatura da água, e com as fontes de alimento natural presentes no ambiente. Em geral, peixes de água doce necessitam tanto do ácido linoleico (n-6) como o ácido linolênico (n-3) (PEZZATO et al., 2004).

A exigência de ácidos graxos essenciais nos peixes diferencia-se consideravelmente entre as espécies (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1993). Espécies de águas quentes têm exigência específica menor para os ácidos graxos da série n-3 que as de água fria. A deficiência de ácidos graxos poli-insaturados n-3 causa redução no crescimento, despigmentação, erosão das nadadeiras, síndrome do choque e acúmulo de gordura. De acordo com o NRC (1993), a exigência de ácidos graxos essenciais para tilápia do Nilo é de 0,5% de C18:2n-6.

Nas Figuras 21, 22, 23, 24 e 25, estão representados os perfis de ácidos graxos (AG/g/100g), dos óleos purificados T1, T2, T3, T4 e T5, em diferentes tempos de armazenamento.

Pode-se observar que houve uma variação nos perfis dos ácidos graxos nos diferentes tratamentos, em relação aos ácidos majoritários.

No óleo purificado T1 (Figura 22) os ácidos graxos encontrados em maior quantidade foram o palmitoleico (C16:1), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), linoleico-trans (C18:2 n-6t), mirístico (C14:0), oleico-cis (C18:1) e araquidônico AA (C20:4 n-6), bem como houve presença de outros ácidos graxos em menores concentrações, como exemplo, o ácido linolênico (C18:3 n-3) e eicosadienoico (C20:2), entre outros.

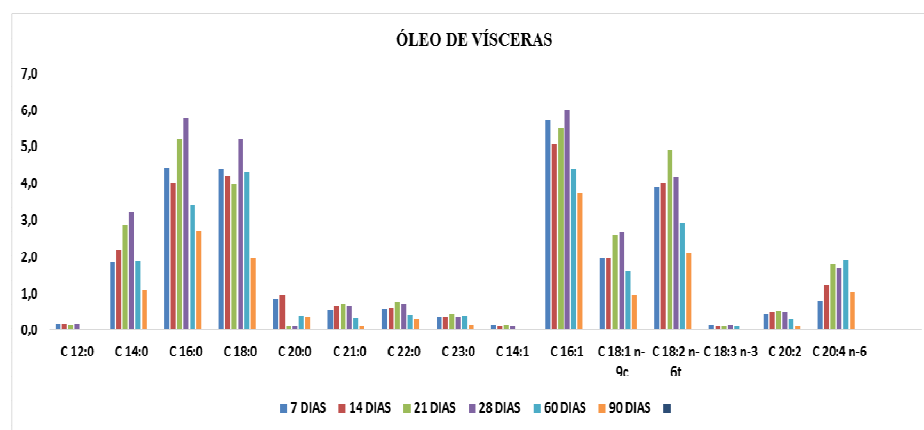


Figura 21 Perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, no óleo purificado T1(100% vísceras), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

No óleo purificado T2 (Figura 22) os ácidos graxos majoritários foram o palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), linoleico-trans (C18:2 n-6t), mirístico (C14:0) e oleico-cis (C18:1n-9c), bem como pode-se observar a presença de outros ácidos graxos, em menores quantidades, como o eicosadienoico (C20:2), ácidos AA (C20:4), DHA (C22:6) entre outros, variando apenas as suas quantidades.

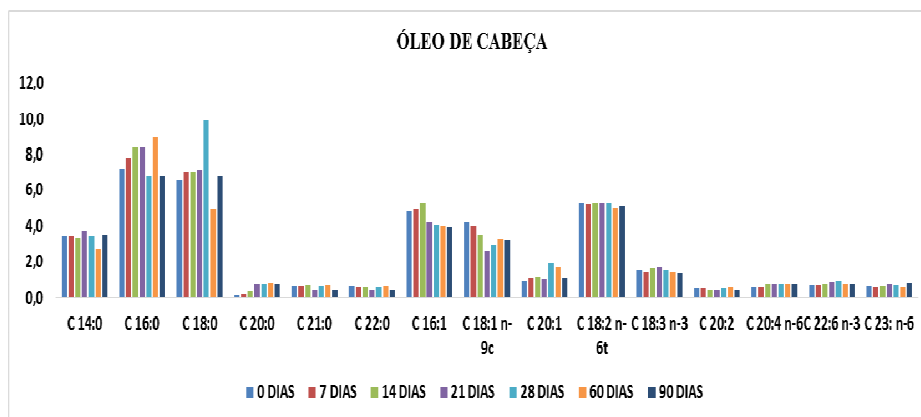


Figura 22 Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T2 (100% cabeças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Observa-se no óleo purificado T3 (Figura 23) que os ácidos graxos mais abundantes são: o esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1), Ácido linoléico trans (C18:2n 6t), mirístico (C14:0), oleico-cis (C18:1), e palmítico (C16:0), bem como pode-se observar a presença de outros ácidos graxos, em menores quantidades, como α -linolênico (C18:3 n-3), e o eicosadienoico (C20:2), entre outros.

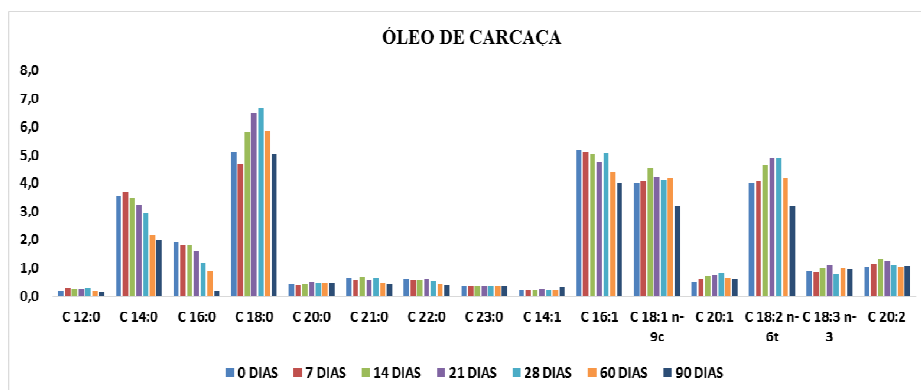


Figura 23 Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T3(100% carcaças), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Pode-se observar que houve maiores quantidades de ácidos graxos, palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), mirístico (C14:0) e láurico (C12:0) e em menores concentrações os ácidos graxos tricosanoico (C23:0), ácidos AA (C20:4), DHA (C22:6) entre outros, no óleo purificado de cabeça + carcaça de tilápia (Figura 24).

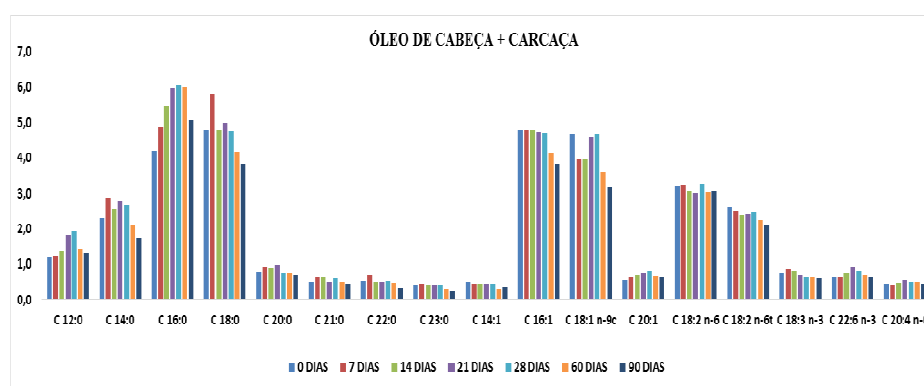


Figura 24 Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T4 (30% cabeça + 70% carcaça), em diferentes tempos de armazenamento obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Já no óleo purificado T5, pode-se observar que ocorreu a presença em maior quantidade dos ácidos graxos esteárico (C18:0), linoleico-*trans* (C18:2 n-6t), oleico-*cis* (C18:1 n9c), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0). Já em menores concentrações houve a presença dos ácidos graxos α -linolênico (C18:3n-3), eicosadienoico (C20:2), AA (C20:4), entre outros (Figura 25).

Quando comparados as Figuras de AG dos óleos brutos com os óleos purificados, pode-se observar que houve uma redução no teor de ácidos graxos, o que pode ser explicado devido ao método de processamento durante o refino.

Estudos feitos por Crexi et al. (2009) com refinamento de óleos de vísceras de carpa, extraídos da elaboração de farinha e por silagem apresentaram quantidades de ácido oleico, palmítico, palmitoleico, linoleico e linolênico. Contudo os óleos refinados também apresentaram um decréscimo na somatória de ácidos graxos saturado, o que corrobora com o presente estudo.

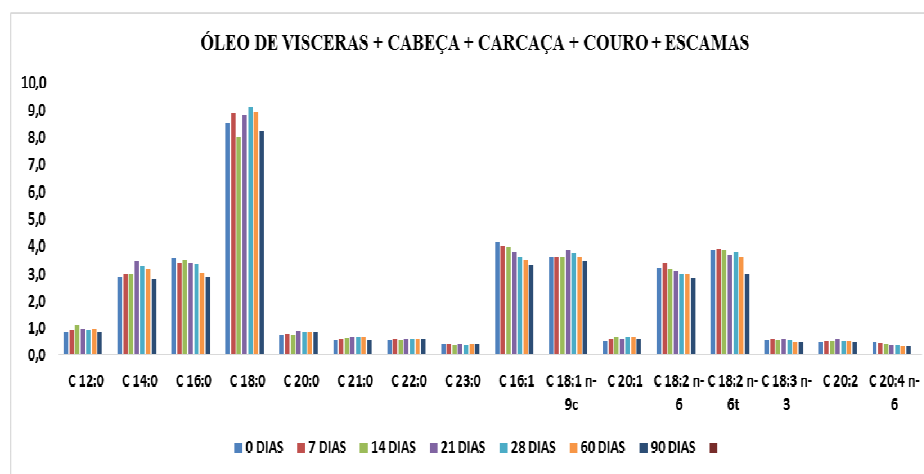


Figura 25 Perfil de ácidos graxos (AG/g/100g), no óleo purificado T5 (15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas), obtidos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

De acordo com Mandarino e Roessing (2001), a refinação engloba um conjunto de processos que tendem transformar os óleos brutos em óleos comestíveis, com exceção de alguns óleos brutos, que são consumidos como o azeite de oliva e o azeite de dendê, pois a finalidade do processo de refinação é melhorar a aparência, odor e o sabor do óleo bruto, por meio da remoção de vários componentes dentre eles os ácidos graxos livres e seus sais.

O óleo de pescado é obtido industrialmente através de digestão e tratamento térmico da matéria não aproveitável no processamento do pescado, e

atualmente responde por aproximadamente 2% da produção total mundial de óleos e gorduras. É largamente utilizado em produtos alimentícios, rações para animais, entre outros (BOSCOLO; FEIDEN, 2007).

Os perfis de ácidos graxos apresentam diferenças que são atribuídas à alimentação dos peixes e às suas condições ambientais e sazonais. Peixes de água doce, como é o caso da tilápia, geralmente contêm baixas proporções de ácidos graxos poli-insaturados n-3, em relação a peixes marinhos (AVERINA; KUTYREV, 2011; BOSCOLO; FEIDEN, 2007).

No Brasil, o óleo de tilápias é usado basicamente para a produção de rações e contêm os mesmos tipos de ácidos graxos que outros óleos e gorduras, diferindo apenas em seu conteúdo. Entretanto, necessita ser purificado para ser utilizado de maneira mais nobre, como na alimentação humana.

O nível lipídico depende da espécie a ser alimentada, no caso de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) Meurer et al. (2002), encontraram melhor desempenho com níveis de 5,79% de gordura.

Sanches (2004), estudando a substituição de óleo de soja por óleo de tilápia em rações para alevinos de tilápia do Nilo, observou que a substituição parcial ou total pelo óleo de tilápia nas dietas, não causou prejuízos ao desenvolvimento dos alevinos, bem como sua substituição diminuiu os percentuais de umidade e gordura da carne, melhorando também a relação de n-6/n-3.

4.2.9 Análises microbiológicas

Nas análises microbiológicas para detecção de micro-organismos aeróbios mesófilos, bolores, leveduras, coliformes (35°C e 45°C); *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.* e *Bacillus cereus* dos diferentes óleos brutos e purificados, obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias. Não foram verificados a presença destes para todos os tratamentos analisados em todos os tempos de armazenamento.

As ausências de micro-organismos confirmam que os procedimentos higiênicos e sanitários foram seguidos corretamente desde a captura dos peixes até a preparação da matéria-prima. Demonstra ainda, a alta eficiência de preservação do ácido acético e do BHT, os quais mantiveram a qualidade da silagem, bem como, as dos óleos.

4.3 Caracterização das farinhas obtidas do processo de extração do óleo a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

Nas Tabelas de 15 a 24 e nas figuras de 26 a 35, encontram-se representados os resultados dos valores médios da composição centesimal, minerais (cálcio e fósforo) e cor das farinhas.

4.3.1 Composição centesimal

Os resultados referentes à composição centesimal (umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas), estão descritos a seguir.

a) Umidade

Observa-se na tabela 15, que houve diferença significativa na umidade entre os diferentes tipos de farinhas da silagem de resíduos da filetagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Os tratamentos que apresentaram maiores percentuais de umidade foram: para o período de zero e 7 dias o T2 (7,32% e 6,86), para os períodos 14 e 90 dias foi o T4 (7,46% e 7,76), já o T5 apresentou os maiores valores aos 28 e 90 dias (7,34%, e 7,93%) e o T3 apresentou valor superior aos 21 e 60 dias (7,72% e 8,08).

Tabela 15 Valores médios (%) de umidade das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	4,03d	3,60d	3,40d	3,49c	3,83d	6,37d	7,80a
T2	7,32a	6,86a	4,60d	5,71b	5,09c	7,00c	6,06c
T3	6,08c	5,90c	6,47c	7,72a	5,62b	8,08a	6,88b
T4	6,64b	6,28b	7,46b	5,67b	4,88c	7,64b	7,76a
T5	6,82b	5,51c	8,63a	5,46b	7,34a	7,49b	7,93a
Média Geral	6,22						
CV1 (%)	2,32						
CV 2(%)	4,54						
E P	0,163						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Observa-se na figura 26 para os dados de umidade em relação ao tempo de armazenamento que o modelo que melhor se ajustou para o tratamento T1(100% vísceras) foi o modelo quadrático, com ótimo ajuste ($R^2 = 93,74$), observa-se ainda pelos dados deste tratamento, que houve os menores percentuais de umidade nos períodos iniciais de armazenamento, com valor mínimo de 3,56% e atingiu o maior percentual em relação aos demais 90 dias com umidade de 8,00%.

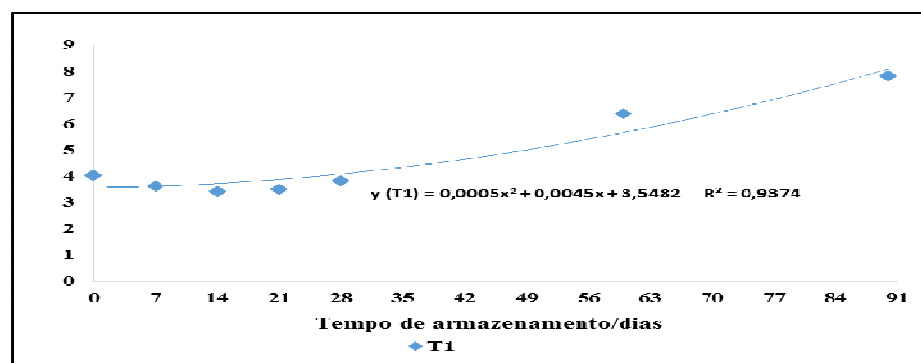


Figura 26 Equação de regressão para os valores médios de umidade das farinhas oriundas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Os resultados encontrados das farinhas no presente estudo estão dentro dos padrões, de acordo com o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA) que descreve que para a farinha ser de primeira qualidade ela deve apresentar no máximo 10% de umidade (BRASIL, 1997).

Resultado semelhante ao T2 (100% cabeças) que apresentou média geral durante os períodos de armazenamento de 6,09% de umidade (Tabela 15), foi encontrado por Stevanato et al. (2007), que em seus estudos sobre a composição química na farinha obtida a partir de cabeças de tilápias, encontraram percentagem de umidade de 6%.

Vidotti e Gonçalves (2006) relatam que as farinhas produzidas com resíduo de peixes cozidos em digestor, em alta temperatura (110 ± 10 °C) e por tempo médio de 1h e 30 minutos obtiveram resultados de grau de umidade de 4% para a farinha de tilápias, 5% para farinha de corvina e 9% para farinha de salmão. Esse resultado foi inferior aos encontrados no presente estudo.

Na porção sólida resultante da extração de óleo da silagem de resíduos gerados durante o processo de industrialização de peixes tanto de escamas, quanto de couro, utilizando equipamento Soxhlet e solvente hexano para a extração das amostras, Aguiar e Goulart (2014), encontraram grau de umidade de 9,88%. Esses mesmos autores, também observaram grau de umidade de 10,42% nos resíduos sólidos (farinha) obtidos durante a extração de óleo de resíduos de peixes com escamas e de couro, por meio de método de prensa mecânica e Bligh-Dyer (AGUIAR; GOULART, 2013). Esses resultados foram superiores aos encontrados em todos os tratamentos da presente pesquisa, cujo o maior grau de umidade foi observado para o tratamento T3 (100% carcaças) de 8,08% aos 60 dias de armazenamento.

b) Extrato etéreo

Observa-se na tabela 16, que houve diferença significativa no teor de extrato etéreo entre as diferentes farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir

das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento. O tratamento que apresentou maior teor de extrato etéreo foi o T1 independente do tempo de armazenamento, enquanto que o tratamento que apresentou os menores teores de uma maneira geral foi o T2, em todos os tempos de armazenamento, com exceção dos tempos zero e 14 dias onde não houve diferença deste com o T3 e T4.

Tabela 16 Valores médios (%) dos teores de extrato etéreo das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	43,10a	54,15a	51,63a	55,40a	56,42a	53,60a	51,63a
T2	4,70c	8,91e	14,08c	15,27d	17,66d	17,90d	15,24c
T3	3,59c	13,06d	14,95c	18,82b	19,70c	18,35d	17,03b
T4	3,36c	14,77c	14,10c	18,83b	20,85c	19,81c	16,17b
T5	9,22b	20,27b	18,52b	17,27c	23,47b	21,63b	17,17b
Média geral	22,90						
CV1%	3,81						
CV2%	4,14						
EP	0,547						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Na Figura 27, observa-se que durante todo o período de armazenamento, o modelo que melhor se ajustou para todos os tratamentos foi o de terceiro grau, exceto para o T2 e T5, onde o modelo foi quadrático. Observa-se que tratamento T1 foi o que apresentou os maiores valores, atingindo o teor máximo de extrato etéreo aos 32 dias de armazenamento (57,47%), também o T3 neste mesmo período atingiu o teor máximo de 20,06%, o teor máximo para T4 ocorreu aos 38 dias (21,86%), para o T5 foi aos 41 dias (23,15%) e para o T2 ocorreu mais tarde, ou seja, aos 55 dias de armazenamento (20,11 %).

O conteúdo de extrato etéreo é considerado importante parâmetro de qualidade no produto, de acordo com Córser et al. (2000), o conteúdo lipídico em pescados é muito variável, depende da espécie, do ciclo de maturação sexual, da disponibilidade e dos hábitos alimentares.

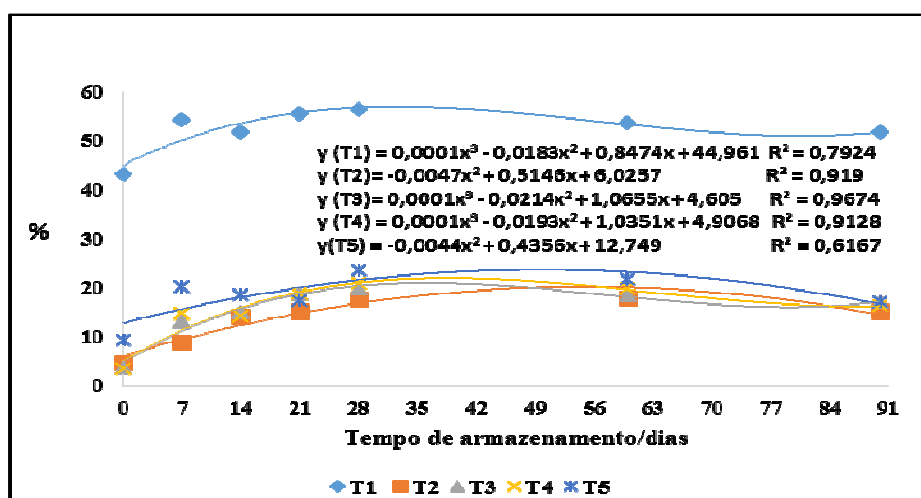


Figura 27 Equações de regressão para os teores de extrato etéreo das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento. *(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Oliveira et al. (2006), em seus estudos com rações experimentais formuladas com níveis crescentes de silagem de tilápia em substituição à farinha de peixe, observaram valores médios de extrato etéreo na matéria seca da silagem de 19,25%, valores semelhantes aos encontrados entre os dias 21, 28 e 60 dias de armazenamento do presente estudo para os tratamentos T3 (100% carcaças) e para o T4 (30% de cabeça + 70% de carcaça).

Valores superiores (35,5%) foram encontrados por Stevanato et al. (2007), essa diferença justifica uma vez que as farinhas do presente estudo tiveram grande parte de óleo extraído, o que não ocorreu com o estudo comparado. De acordo com RIISPOA, a nível de classificação, para a farinha ser considerada de primeira qualidade (tipo comum) ela deve apresentar no máximo 8% de gordura e de segunda qualidade no máximo 10% (BRASIL, 1997).

Dentro dessa classificação, apenas as farinhas dos tratamentos T2, T3 e T4 no início do experimento podem ser consideradas de primeira qualidade e as farinhas do tratamento T2 aos 7 dias de armazenamento podem ser consideradas de segunda qualidade. As demais farinhas independentes do tratamento e do tempo de armazenamento não se enquadram nessa classificação.

Vale ressaltar que o teor de lipídeos esperado para o presente estudo era bem inferior aos resultados encontrado, uma vez que, a extração do óleo na silagem ocorreu com hexano e mesmo assim, ficou ainda muito óleo presente na farinha. Nesse caso, o que provavelmente ocorreu foi um problema em relação ao tempo que a amostra permaneceu no aparelho extrator que não foi o suficiente para a total extração, ou até mesmo, o hexano não apresentou eficiência na extração de óleo de silagem de resíduos da filetagem de peixe, principalmente no caso das vísceras.

Boscolo et al. (2008) relata que a maioria das farinhas comerciais de peixes, apresentam um percentual de gordura próximo a 10%, enquanto que as de tilápias apresentam em média 20% de gordura. No entanto, essa diferença entre o teor de gordura da farinha de tilápia com as farinhas comerciais, pode ser relacionada principalmente à constituição física desse peixe, que contém uma parcela considerável de vísceras, sendo este o principal local de depósito de gordura nos peixes magros, como as tilápias. Para minimizar a oxidação desse alimento, alguns produtos como o BHT ou mixes comerciais de antioxidantes adicionados após o processo de moagem da farinha ou mesmo durante as etapas de processamento, aliado a estocagem em local adequado garantem uma maior vida útil da farinha de tilápia.

Entretanto, Aguiar e Goulart (2014), relatam que encontraram valores de lipídeos nas farinhas obtidas da porção sólida resultante da extração de óleos de resíduos de peixes com e sem escamas, teor médio de 40,71%, e afirmam que os valores de lipídeos da farinha estão abaixo dos valores encontrados na literatura que deve estar em torno de 60 a 75 %.

c) Proteínas bruta

Na Tabela 17 estão representados os teores médios de proteínas, observa-se que houve diferença significativa no teor de proteínas entre os tratamentos. Dentre os tratamentos, os que apresentaram maiores teores foi o T3 até o tempo de 60 dias, o T4 no tempo de 0 e 14 dias e T1 e T5 aos 90 dias, enquanto que o tratamento T1 apresentou os menores teores em todos os tempos, exceto aos 90 dias, que juntamente com o T5 foram superiores aos demais tratamentos.

Tabela 17 Valores médios (%) dos teores de proteína bruta das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	36,16c	28,65d	26,28c	25,11e	26,25d	26,77d	32,70a
T2	56,20b	55,18b	49,11a	45,82c	39,88c	29,40c	24,49c
T3	66,56a	57,73a	50,57a	52,98a	48,66a	33,95 ^a	25,76c
T4	66,13a	53,85b	50,46a	48,63b	46,77b	32,97b	28,92b
T5	57,12b	43,00c	41,18b	41,03d	40,66c	31,45b	33,30a
Média geral	41,55						
CV1 (%)	1,22						
CV2 (%)	2,49						
E P	0,563						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Pelos resultados da análise de regressão referente aos dados de teores de proteínas brutas (Figura 28), observa-se que o modelo linear foi o que melhor se ajustou para os dados do T2 e T3, onde os maiores teores ocorreram no tempo zero (54,48% e 61,21%). Para o tratamento T1 o modelo foi de terceiro grau e houve pequena variação ao longo do período, onde o maior valor foi tempo zero (37,76%). Já para os tratamentos T4 e T5 o modelo foi de segundo grau, sendo que os maiores valores também foi no tempo zero (62,54% e 57,30%).

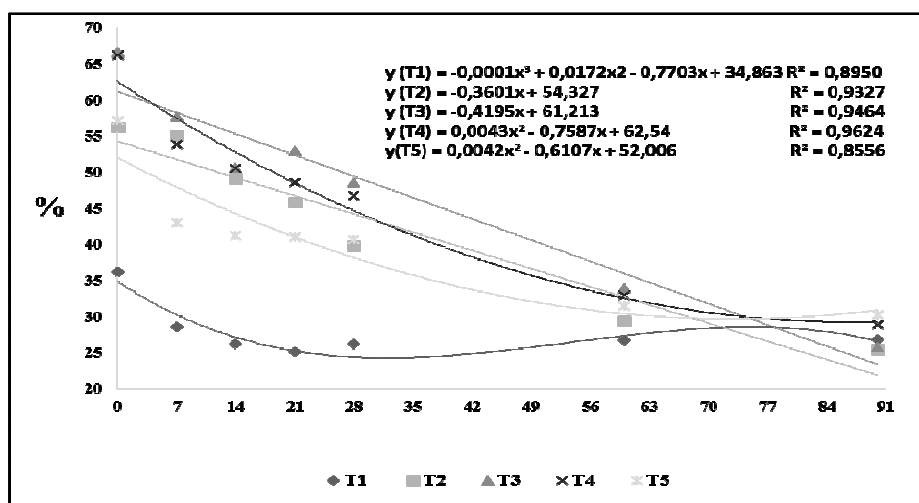


Figura 28 Equações de regressão para os teores de proteínas brutas das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

De acordo com RIISPOA (BRASIL, 1997), a farinha de pescado de primeira qualidade (tipo comum) deve conter no mínimo 60% de proteína; e a farinha de pescado de segunda qualidade, deve conter no mínimo 40% de proteína. Dessa forma, analisando os resultados da presente pesquisa, o período ideal de armazenamento é de até 28 dias, a partir daí ocorre uma degradação nos teores de proteínas. As proteínas em geral são estáveis em seu ponto isoelétrico, sofrendo pouca desnaturação. No entanto, quando há forte repulsão eletrostática

intramolecular causada pela alta carga líquida em valores extremos de pH ácidos ou básicos, há uma desnaturação induzida pelo pH (ARAÚJO, 2008).

Segundo Damodaran, Parkin e Fenneme (2010), alguns solventes orgânicos podem promover desnaturação de proteínas, em decorrência de seu efeito solubilizante sobre as cadeias laterais não polares.

Oliveira et al. (2006), em seus estudos com rações experimentais formuladas com níveis crescentes de silagem de tilápia em substituição à farinha de peixe, observaram valores médios de proteínas bruta na matéria seca da silagem de 48,30%, valores inferiores aos encontrados no período de 0 a 14 dias de armazenamento no presente estudo para os tratamentos 100% cabeças (49,11% a 56,20%), entre os dias 0 a 28 para o tratamento 100% carcaças (48,66% a 66,13%) e para o tratamento cabeça + carcaça foram nos períodos de 0 e 21. Após esse período houve uma redução nos teores de proteínas para todos os tipos de silagem.

Eyng et al. (2009), observaram valor de proteína bruta de 45,23% em farinhas de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, a qual se caracteriza como um ingrediente proteico. Porém esses mesmos autores relatam que se comparado às demais farinhas de peixe, o teor de proteínas fica sendo inferior, isso pode ser explicado pelo alto teor de extrato etéreo e mineral apresentado pela farinha.

d) Cinzas

Na Tabela 18, estão demonstrados os teores médios de cinzas. Observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) no teor de cinzas entre os tratamentos. O tratamento que apresentou maior teor de cinzas foi o T2 (100% cabeças), independente do tempo de armazenamento, exceto aos 21, 28 e 60 dias que não diferiu do T4 (cabeça + carcaças), enquanto que o T1 (100% vísceras), apresentou o menor teor em todos os tempos de armazenamento.

Tabela 18 Valores médios (%) dos teores de cinzas das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	3,38d	3,52d	3,41c	3,46c	3,59c	3,34d	3,56d
T2	32,91a	32,12a	31,62a	31,58a	31,32a	31,26a	32,98a
T3	25,74c	25,89c	28,33b	29,27b	29,94b	28,99c	29,64c
T4	25,70c	27,14c	27,39b	31,46a	31,45a	31,14a	31,14b
T5	27,84b	29,08b	28,50b	28,24b	28,88b	28,97b	28,59c
Média geral				24,20			
CV1%				3,47			
CV2%				4,19			
EP				0,589			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Observa-se na Figura 29, referente à análise de regressão dos teores de cinzas, que o modelo, o qual melhor se ajustou foi o cúbico para os tratamentos T2, T3 e para o T4, enquanto que para os demais tratamentos não houve significância. Observa-se que houve menores variações e maiores valores nos teores de cinzas desde o início do período para o T2, exceto aos 21, 28 e 60 dias que não diferiu do T4. O teor máximo de cinza atingido pelo T2 foi de 32,02% aos 90 dias de armazenamento. No entanto, nos tratamentos T3 e T4 foram observados os menores teores de cinzas no início do armazenamento com aumento posterior atingindo os maiores teores aos 42 dias de 29,98%, para o T3 e para o T4 aos 48 dias com valor de 31,38%.

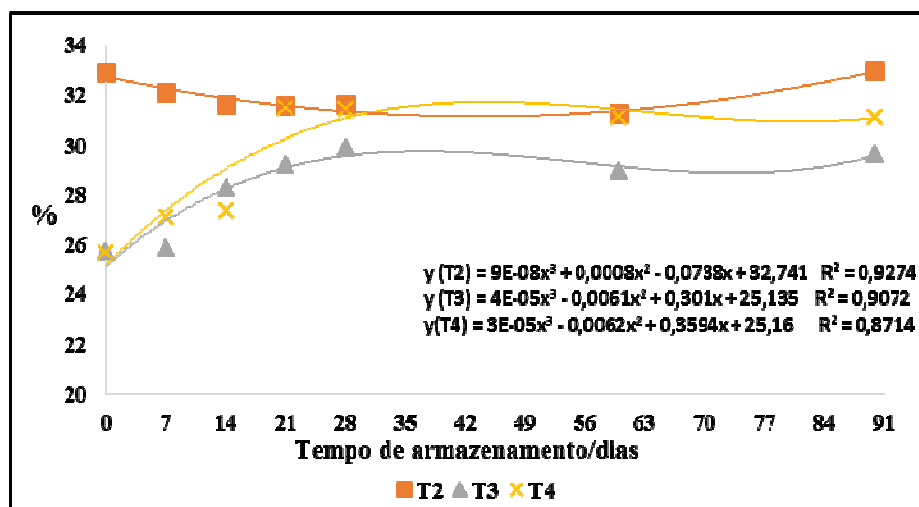


Figura 29 Equações de regressão para os teores de cinzas (%) das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. *T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça)

Oliveira et al. (2006), em seus estudos com rações experimentais formuladas com níveis crescentes de silagem de tilápia em substituição à farinha de peixe, observaram valores médios de cinzas na matéria seca da silagem de 29,38%, valores semelhantes aos encontrados entre os dias 21, 28 e 90 dias de armazenamento no presente estudo para o tratamento 100% de carcaça, no entanto, para os tratamentos 100% de cabeça e cabeça+carcaça, os valores médios foram superiores.

Aguiar e Goulart (2013) avaliaram a composição química e o valor energético de farinhas de resíduos de peixes de escamas e couro, e obtiveram um teor médio de cinzas de 12,15%. Já Araújo et al. (2011), avaliando a composição química e o valor energético de farinhas de resíduos de peixe, obtiveram teor médio de cinzas de 22%.

Stevanato et al. (2007), visando obter farinha a partir de cabeças de tilápia *in natura* que foram cozidas e trituradas em moinho, e

posteriormente avaliar a aceitação dessa farinha na forma de caldo e sopa para alimentação humana, verificou que, na composição química da farinha os teores médios de cinzas encontrados foram de 19,38% e proteína 38,41%. No final do experimento concluiu que as cabeças de tilápia podem ser utilizadas como matéria-prima de baixo custo para produção de produtos alimentícios, agregando valor aos resíduos de peixes e diminuindo a poluição ambiental.

Esses resultados são inferiores ao encontrado no presente estudo para essa variável, independente do tipo de tratamento e o tempo de armazenamento. Exceto para o tratamento T1 (100% vísceras), que apresentou valor médio dos teores de cinzas inferior (3,32%).

Segundo Szenttamásy et al. (1993), o percentual de cinzas recomendado é de 10 a 20%, como pode-se observar o teor de cinzas no presente trabalho encontra-se acima do estabelecido.

Os resultados superiores encontrados (Tabela 18), no T2 (100% cabeça), justificam-se devido ao fato de que na cabeça contém uma quantidade superior de ossos, que ao serem triturados ficam incorporados na matéria-prima e automaticamente aumentam os teores de minerais fixos disponíveis.

4.3.2 Determinação dos minerais cálcio e fósforo nas farinhas

Estão demonstrados na tabela 19 os valores médios dos teores de fósforo. Verifica-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos nos tempos zero, 28 e 90 dias, sendo que nestes períodos o tratamento T3 foi superior aos demais, exceto no tempo zero que não diferiu dos resultados dos tratamentos T1 e T2. Para os demais tempos não houve diferenças entre os tratamentos.

Não houve efeito significativo nos resultados da análise de regressão dos dados de fósforo das farinhas obtidas do processo da extração dos óleos das silagens ácidas nos tratamentos em função do tempo.

Tabela 19 Valores médios dos teores de fósforo (%), das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/ dias - Fósforo (P) %						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	0,70a	0,69a	0,70a	0,70a	0,65b	0,69a	0,65b
T2	0,70a	0,70a	0,70a	0,70a	0,66b	0,70a	0,66b
T3	0,70a	0,70a	0,71a	0,71a	0,70a	0,71a	0,70a
T4	0,67b	0,71a	0,70a	0,70a	0,67b	0,70a	0,67b
T5	0,67b	0,69a	0,71a	0,71a	0,67b	0,71a	0,67b
CV1(%)				3,84			
CV2(%)				2,31			
EP				0,01			
Média geral				0,69			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Para os teores de cálcio (Tabela 20), houve diferenças significativas entre os tratamentos em todos os tempos, os resultados obtidos no tratamento T1 foram significativamente inferiores aos demais em todos os tempos de armazenamento. O tratamento T2 apresentou os maiores teores de cálcio em relação aos demais em todos os tempos, exceto para o T3 e T4 no tempo zero e aos 28 e 90 dias para o T3 os quais não diferiram.

Tabela 20 Valores médios dos teores de cálcio (%) das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento	Tempo de armazenamento/ dias - Cálcio (Ca) %						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	5,60c	5,70d	5,88d	5,33d	5,17d	5,26d	5,11c
T2	6,82a	7,43a	7,70a	7,28a	6,39a	7,28a	6,32a
T3	6,90a	6,66b	7,47b	6,60b	6,39a	6,42b	6,38a
T4	6,85a	6,70b	6,76c	6,54b	5,77b	6,40b	5,40b
T5	6,10b	6,49c	6,64c	6,19c	5,46c	6,13c	5,54b
CV1(%)	9,28						
CV2(%)	9,20						
EP	0,33						
	6,25						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Com relação aos dados de cálcio (Figura 30), observa-se que houve efeito significativo apenas para o tratamento T4. O modelo que melhor ajustou foi o cúbico, sendo que o valor máximo alcançado foi de 6,99% no tempo zero.

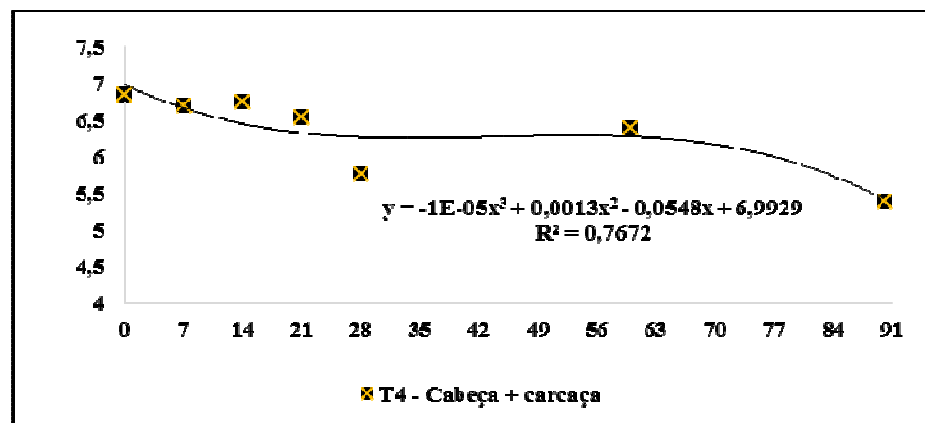


Figura 30 Equação de regressão para os valores médios dos teores de cálcio das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Os valores médios inferiores de cálcio para o tratamento T1(100% vísceras) em relação aos demais tratamentos, já era esperado, pois, segundo Kompiang, Arifudin e Raa (1981), o teor de cálcio no peixe inteiro é muito mais alto do que na carne ou vísceras, porque a riqueza de cálcio é associada com o esqueleto e as escamas, os quais contêm fosfato tricálcico e carbonato de cálcio.

Carmo (2009) e Geron et al. (2007), em seus estudos obtiveram valores inferiores de cálcio 3,27% e 4,9% e superior de fósforo 2,91% e 4,9%, em silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápias com base na matéria seca. Também Anderson et al. (1997), em farinha de peixe elaborada a partir de resíduos de sardinha, obteve teor de cálcio oscilando entre 3 e 4,1%, e para os teores de fósforo verificaram uma variação de 2,3 a 2,5%.

Maia Júnior (1998), em seus resultados com farinhas de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápias obteve resultado inferior nos teores de cálcio 1,6% e superior aos teores de fósforo 1,2%. Já Guilherme, Cavalheiro e Souza (2007), em seus estudos em silagem ácida de cabeça de camarão obtiveram teores inferiores ao presente estudo tanto em cálcio, quanto em fósforo (0,45 % e 0,04%).

4.3.3 Análise de cor

Os resultados dos parâmetros cor: L*, a*, b*, C e H, estão representados nas Tabelas 21 a 25 e nas figuras 31 a 35.

a) Luminosidade (L*)

Na tabela 21 estão representados os valores médios da análise de cor, no parâmetro L*, da farinha de resíduos de pescado ao longo do armazenamento.

A luminosidade, representada pela letra L* foi menor (15,42) na farinha de vísceras (T1), a qual foi aumentando durante os dias de armazenamento, no entanto permaneceu com valores inferiores quando comparada às demais farinhas. A farinha

vísceras + cabeça + carcaça + escamas + couro (T5) apresentou valores superiores à farinha de vísceras, porém inferiores às demais, com valor para luminosidade de 57,02 no início do experimento, diminuindo durante o armazenamento para 41,04. O mesmo ocorreu para as farinhas de cabeça (T1), cabeça + carcaça (T4) e carcaça (T3), que apresentaram no início do experimento, tonalidades mais claras, com valores para L* de 59,47; 64,13 e 65,51, diminuindo durante o armazenamento para valores de 52,49; 54,89 e 53,28 para este parâmetro.

Tabela 21 Valores médios da análise de cor, no parâmetro L*, das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	15,42e	23,87e	22,93e	21,33e	24,62e	24,74e	24,83e
T2	59,47c	54,24a	52,97a	43,85d	51,97c	52,23c	52,49c
T3	65,51a	53,74b	44,61b	45,12c	52,75b	53,01b	53,28b
T4	64,13b	52,45c	42,15c	56,05a	54,35a	54,62a	54,89a
T5	57,02d	42,96d	40,40d	49,41b	40,63d	40,83d	41,04d
Média geral	45,25						
CV1(%)	0,49						
CV2(%)	0,24						
EP	0,07						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

Na figura 31 estão elucidadas as equações de regressão dos resultados de luminosidade (L*), da farinha das silagens ácidas de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápias, nota-se que houve significância para os tratamentos T1 e T3 e o modelo que melhor se ajustou foi de terceiro grau, porém com R² baixo. Observa-se que os menores valores, independente do período foi para o tratamento T1 alcançando valor máximo (24,78) aos 36 dias, já para o tratamento T3 o maior valor foi verificado no tempo zero (63,01).

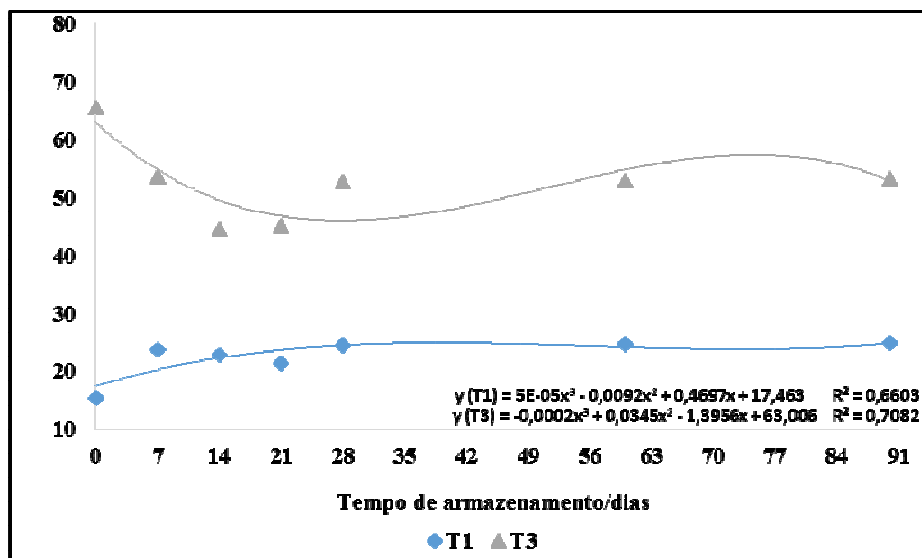


Figura 31 Equações de regressão para os valores médios de L* das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. *(T1 - farinha 100% de vísceras e T3 - farinha 100% de carcaça)

Um dos parâmetros físicos importantes que influenciam diretamente na escolha do produto são a aparência e a cor. Porém, não há uma escala física para medir a cor, o que faz com que as pessoas respondam de formas diferentes quando questionadas a respeito de uma determinada cor (COMISSION INTERNACIONALE D'LE ECLERAIGE - CIE, 1976).

A CIE, em 1976, recomendou o uso da escala de cores, visando uma melhor padronização da cor, assim o parâmetro L*, onde o máximo valor de L* (luminosidade) é 100, representa uma perfeita reflexão difusa (branco), enquanto o valor mínimo é zero e constitui o preto. Dessa forma, a farinha de vísceras apresentou coloração mais escura do que as demais.

b) Parâmetro a*

Os eixos a* e b* não tem limites numéricos, porém toma-se referência o valor de 60 unidades de cor, onde +a* há uma tendência para a cor vermelha e – a* para a cor verde. Já o +b* tende para a coloração amarela e –b* para a azul.

Na tabela 22 estão representados os valores médios da análise de cor, no parâmetro a*, da farinha de resíduos de pescado ao longo do armazenamento.

Tabela 22 Valores médios da análise de cor, no parâmetro a*, das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	5,19b	5,98e	5,90e	5,97c	5,59e	5,62e	5,65e
T2	3,94c	6,82c	6,69d	7,14b	7,02b	7,06b	7,09b
T3	3,11e	7,18b	7,45b	7,50a	6,66c	6,69c	6,73c
T4	3,73d	6,54d	6,55a	5,80c	5,98d	6,01d	6,04d
T5	6,25a	9,73a	8,83c	8,19b	9,60a	9,65a	9,70a
Média geral	6,68						
CV1(%)	0,72						
CV2(%)	0,52						
EP	0,02						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Pode-se observar que para todos os tratamentos os valores de a* foram positivos, tendendo para a cor vermelha e apresentaram diferença significativa entre si. A farinha de vísceras + cabeça + carcaça + escamas + couro (T1) apresentou os maiores valores para o a*, com 6,25 no início do experimento, aumentando para 9,70 até o final, aos 90 dias de armazenamento.

As farinhas cabeça (T2), carcaça (T3) e cabeça + carcaça (T4), apresentaram inicialmente valores entre 3 e 4 para este parâmetro, com uma

variação dos valores durante os dias de armazenamento e ao final do experimento apresentaram valores entre 6 e 7.

As farinhas de vísceras (T1) apresentaram valor de a^* durante o experimento entre 5,19 no tempo zero e 5,65 aos 90 dias de armazenamento, com pequenas alterações no período intermediário.

Pelos resultados da figura 32, referente à análise de regressão dos dados de a^* , observa-se que o modelo cúbico foi o que melhor se ajustou para os tratamentos T2 e T3. Nota-se que o tratamento para os tratamentos T2, T3, T4 os maiores valores foram obtidos aos 34 e 44 dias, respectivos de 7,38, e 7,64. Para os demais tratamentos não houve efeito da interação.

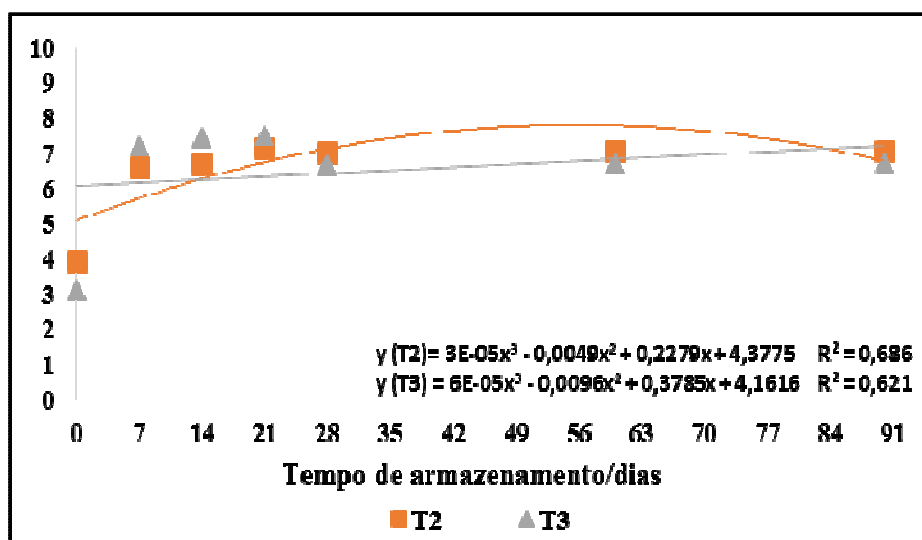


Figura 32 Equações de regressão para os valores médios de a^* das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento.

*T2 farinha 100% de cabeça, T3- farinha 100% de carcaça

c) Parâmetro b*

Na tabela 23 estão representados os valores médios da análise de cor, no parâmetro b*, da farinha de resíduos de pescado ao longo do armazenamento.

Observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos, onde a farinha de vísceras (T1) apresentou valores bem inferiores quando comparada às demais, independente do tempo de armazenamento. Todos os tratamentos os valores de b* foram positivos, tendendo para a cor amarelo.

Para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 as farinhas apresentaram valores variados de b* durante os tempos de armazenamento, com valor superior ao do início do experimento nos 90 dias de armazenamento, diferentemente do T5 que apresentou um valor superior para b* no início do experimento, o qual diminuiu ao longo do armazenamento.

Tabela 23 Valores médios da análise de cor, no parâmetro b*, das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	6,71e	5,69d	5,14e	5,07d	6,21e	6,24e	6,27e
T2	25,25d	29,37b	27,61b	25,80c	30,11a	30,26a	30,41a
T3	27,45c	31,36a	29,84a	29,40a	29,68b	29,83b	29,98b
T4	27,76b	29,24b	26,93c	26,14b	28,24c	28,38c	28,52c
T5	30,09a	25,89c	25,76d	25,71c	22,36d	22,47d	22,58d
Média geral				22,99			
CV1(%)				0,58			
CV2(%)				0,57			
EP				0,08			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Na Figura 33 está representada a equação de regressão referente aos valores de b^* das farinhas, o modelo que melhor se ajustou foi de segundo grau para o tratamento T5, o qual atingiu o maior valor no tempo zero (28,87).

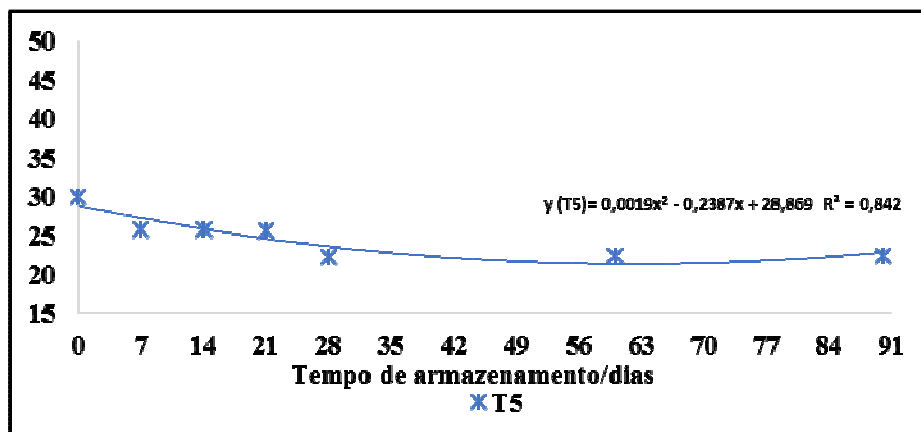


Figura 33 Equação de regressão para os valores médios de b^* das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento (T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

d) Parâmetro colorimétrico Chroma (C)

O parâmetro colorimétrico C indica o grau de concentração ou pureza da cor (0° no centro, aumentando de intensidade à medida que se distancia dele) (MENDES, 2012).

Na tabela 24 estão representados os valores médios da análise de cor, no parâmetro C , da farinha de resíduos de pescado ao longo do armazenamento.

No presente estudo, os parâmetros de C apresentaram diferença estatística ($P < 0,01$) entre os tratamentos, onde o T1 apresentou o menor valor (8,49), quando comparado às demais (Tabela 24).

O tratamento T1 apresentou valor aproximado de C durante todos os dias do experimento, apresentando uma pequena variação nos dias 14 e 21 de

armazenamento. Já as farinhas dos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram valores variados de *C* durante os tempos de armazenamento, com valor superior ao do início do experimento, ou seja, aos 90 dias de armazenamento, diferentemente, o T5 apresentou um valor superior no início do experimento, o qual diminuiu ao longo do armazenamento.

Tabela 24 Valores médios da análise de cor, no parâmetro *C*, das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	8,49e	8,26d	7,17e	7,28c	8,35e	8,39e	8,43e
T2	25,56d	30,15b	28,20c	27,05a	30,92a	31,07a	31,23*
T3	27,63c	32,17a	30,36a	26,87a	30,42b	30,57b	30,73b
T4	28,02b	29,97b	28,58b	26,58b	28,88c	29,02c	29,17c
T5	30,73a	27,65c	27,05d	26,98a	24,34d	24,46d	24,58d
Média geral	24,29						
CV1%	0,70						
CV2%	0,61						
Erro padrão	0,97						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 - farinha 100% de vísceras, T2 - farinha 100% de cabeça, T3 - farinha 100% de carcaça, T4 - farinha 30% de cabeça + 70% de carcaça e T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas).

Observa-se pelos resultados das análises de regressão demonstradas na Figura 34, que para o tratamento T5 o modelo que melhor ajustou foi de segundo grau, apresentando $R^2 = 87,17$, o qual atingiu o maior valor (29,84) no tempo zero. Para os demais tratamentos não houve significância para o efeito da interação.

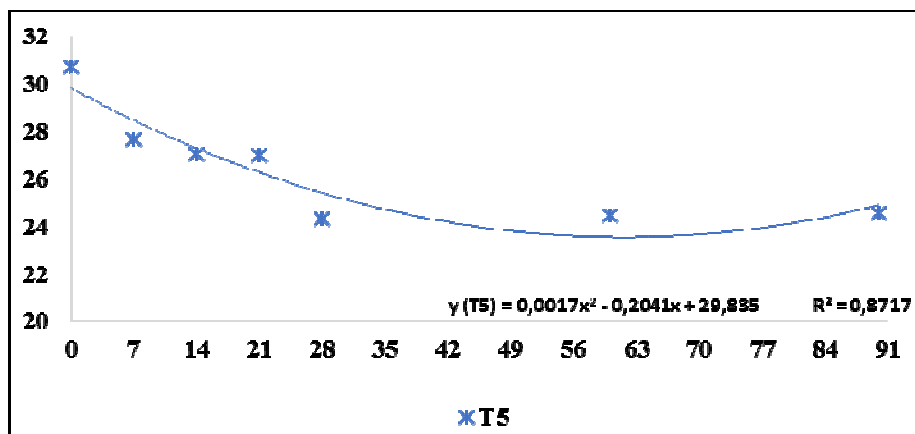


Figura 34 Equação de regressão para os valores médios de C* das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. *T5 - farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças +47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas

e) Ângulo *Hue*

O ângulo *Hue* representa o ângulo de tonalidade que se inicia no 0°, indicativo de +a* (vermelho), 90° +b* (amarelo), 18° indicativo de -a* (verde) e 270° -b* (azul). No presente estudo, os valores para o ângulo *Hue* tenderam para o indicativo de 90° +b*, indicando predominância da cor amarela (MENDES, 2012).

Na tabela 25 estão representados os valores médios da análise de cor, no parâmetro *Hue*, da farinha de resíduos de pescado ao longo do armazenamento. Houve diferença significativa para essa análise, visto que as farinhas obtidas do T3, no tempo zero e do T4, nos tempos 7,21, 28, 60 e 90 dias e o T2 aos 14 dias apresentaram os maiores resultados, enquanto que as farinhas obtidas do T1 apresentaram os menores valores, quando comparadas as demais.

Pode-se observar de uma maneira geral para todos os tratamentos que houve redução do valor o ângulo *Hue* do início para o final do armazenamento.

Tabela 25 Valores médios da análise de cor, no parâmetro *Hue*, das farinhas obtidas das extrações dos óleos, a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento

Tratamento*	Tempo de armazenamento/dias						
	0	7	14	21	28	60	90
T1	52,27e	43,56d	45,76e	34,94e	47,99e	48,23e	48,46e
T2	81,13c	76,92b	78,36a	72,55b	76,87c	77,25c	77,64c
T3	83,54a	77,10b	71,86b	71,55d	77,35b	77,74b	78,13b
T4	82,36b	77,39a	70,47c	79,60a	78,04a	78,43a	78,82a
T5	78,27d	69,49c	69,11d	72,33c	66,76d	67,09d	67,43d
Média geral	69,563						
CV1(%)	0,35						
CV2(%)	0,14						
EP	0,75						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scot-Knott a nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

*(T1 farinha 100% vísceras, T2 - farinha 100% cabeça, T3 - farinha 100% carcaças, T4 - farinha 30% cabeça + 70% carcaça e T5 - farinha 15% vísceras + 20% cabeça + 47% carcaça + 15% couro + 3% escamas).

Na Figura 35 estão representadas as equações referentes aos valores médios do ângulo *Hue* da farinha das silagens ácidas de diferentes tipos de resíduos da filetagem de tilápias. Observa-se que houve significância para todos os tratamentos, sendo que o modelo que melhor se ajustou para todos foi de terceiro grau, embora o R^2 tenha sido muito baixo para todos. Nota-se também que o T1 foi o que apresentou menores valores em todos os períodos de armazenamento e que de uma maneira geral não houve grandes variações nos valores ao longo do período. O valor máximo para T1 (50,75) foi no tempo zero, para T2 (80,89) foi aos 86 dias, para o T3 (82,15) ocorreu no tempo zero, para T4 (78,94) aos 68 dias e T5 (76,26) também no tempo zero.

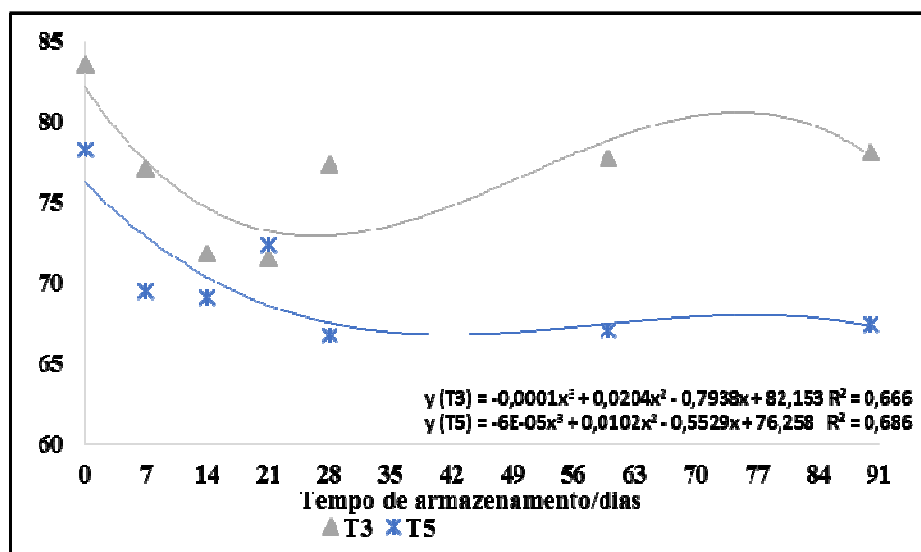


Figura 35 Equações de regressão para os valores médios do ângulo *Hue* das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias em função dos diferentes tempos de armazenamento. *T3 farinha 100% de carcaça e T5 farinha 15% de vísceras + 20% de cabeças + 47% de carcaças + 15% de couro + 3% de escamas)

4.3.4 Análises microbiológicas nas farinhas

Nas análises microbiológicas para detecção de micro-organismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras das farinhas obtidas das extrações dos óleos das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias, não foram verificadas a presença destes para todos os tratamentos analisados em todos os tempos de armazenamento. O sucesso das análises microbiológicas se relaciona diretamente às boas práticas aplicadas na produção da matéria-prima, onde foram tomados os devidos cuidados em relação à higiene e manipulação em todas as etapas de produção. Os diferentes tratamentos atendem às exigências da legislação Brasileira em vigor (RDC nº 12/2001) no que se refere ao padrão microbiológico, sendo considerado um produto seguro e adequado microbiologicamente para o consumo (ANVISA, 2001).

5 CONCLUSÕES

O método de silagem ácida foi eficiente para extração de óleo bruto de resíduos de peixe e todos os tratamentos apresentaram pH inferior a 4,5. O tratamento com 100% vísceras obteve os maiores valores de malonaldeído/kg.

Existem variações no rendimento do óleo bruto entre os diferentes tipos de resíduos utilizados. O tratamento 100% vísceras apresentou o maior rendimento de óleo bruto e o tratamento 100% cabeças o maior rendimento no óleo purificado.

O processo de purificação dos óleos foi eficiente.

Os melhores resultados de absorvância, índice de peróxido, índice de saponificação e índice de acidez foram obtidos no tratamento 100% cabeças.

A qualidade do óleo obtido do tratamento 100% vísceras apresentaram valores superiores aos limites estabelecidos pela legislação para consumo humano.

A purificação do óleo bruto reduziu os valores do perfil de AG de todos tratamentos.

A umidade nas farinhas para todos os tratamentos foi inferior a 9%; maior percentagem de extrato etéreo e os menores teores de proteína bruta, cinzas e cálcio ocorreu no tratamento 100% de vísceras. O tratamento 100% cabeças apresentou maiores teores de cinzas e cálcio e menores teores de extrato etéreo. Para proteína bruta, os maiores teores ocorreram no tratamento 100% de carcaças.

Pelos resultados das análises microbiológicas não foi detectado a presença de micro-organismos nas silagens, nos óleos e nas farinhas dos tratamentos estudados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos métodos combinados da silagem ácida e extração com hexano resultou em boa percentagem de rendimento. No entanto, foi observado ainda elevados teores de óleo na fração sólida remanescente (farinha). Assim sendo, com aumento do tempo de extração da amostra no aparelho (Soxhlet), além das 4 horas de permanência, a extração poderá ser mais eficaz, principalmente no tratamento 100% vísceras.

O método de purificação foi eficiente, porém reduziu muito as quantidades de ácidos graxos, portanto, outros métodos de purificação poderão ser testados para aumentar a eficiência.

Em relação à qualidade dos óleos brutos e purificados obtidos, os mesmos se encontram dentro dos limites de qualidade estabelecidos pela Anvisa, exceto o tratamento 100% de vísceras. Portanto, para reduzir o índice de acidez dos óleos obtidos das vísceras, uma das alternativas seria utilizar maior concentração de hidróxido de sódio na etapa da neutralização.

Pelos resultados das análises microbiológicas não foi detectado a presença de micro-organismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras para todos os tratamentos das diferentes silagens, óleos e farinhas. Vale ressaltar, que para obter produtos isentos de micro-organismos, os procedimentos higiênicos e sanitários foram seguidos corretamente em toda cadeia produtiva dos peixes até o produto final, e também a utilização do ácido acético e do BHT agiram de forma eficientes na preservação mantendo a qualidade da silagem.

Diante disso, pode-se afirmar que os óleos e as farinhas obtidas no processo são de alta qualidade, apresentando aplicabilidade nas alimentações humana e animal, além de valorizar comercialmente o coproduto de pescado e reduzir praticamente a zero a geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 19 de 15 de março de 1999**. Dispõe sobre normatizar o uso de complemento nutricional no país. Brasília, 1999b. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/19_95.htm>. Acesso em: 26 jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 19, de 15 de março de 1995. Estabelece critérios para o complemento nutricional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de março de 1995.

AGUIAR, G. P. S.; LIMBERGER, G. M.; SILVEIRA, E. L. "Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados." **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, Barra do Garça, v. 1, n. 11, p. 225-229, 2014.

AGUIAR, G. P. S.; GOULART, G. A. S. Produção de óleo e farinha a partir de coprodutos de pescado provenientes da bacia Tocantins-Araguaia. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, Barra do Garça, v. 1, n. 11, p. 67-71, 2014.

AGUIAR, G. P. S.; GOULART, G. A. S. Utilização de material residual da indústria de pescado para obtenção de óleo e farinha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 4, p. 55-60, dez. 2013.

ANDERSON, J. S. et al. Fish meal quality assessment for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in sea water. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 25-28, 1997.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000116&pid=S0044-5967201200010001700005&lng=en>. Acesso em: 23 jul. 2014.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2001. 416 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 478 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 478 p.

ARAÚJO, M. S. D. et al. Chemical composition and energy value of food of animal origin used in diets for Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 2, p. 331-335, 2011.

ARCHER, M.; WATSON, R.; DENTON, J. W. **Fish waste production in the United Kingdom: the quantities produced and opportunities for better utilisation**. Edinburgh: The Sea Fish Industry Authority, 2001. 57 p.

ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage: a review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, p. 879-886, 2007.
ARRUDA, L. F. et al. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 749-756, 2006.

ASSANO, M. **Utilização de diferentes fontes e níveis de proteína no crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 34 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of Association of the Agricultural Chemists**. 17th ed. Washington, 2000. v. 2, 1175 p.

AVERINA, E. S.; KUTYREV, I. A. Perspectives on the use of marine and freshwater hydrobiont oils for development of drug delivery systems. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 5, p. 548-557, 2011.

BADOLATO, E. S. et al. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 27-35, 1994.

BALFRY, S. K.; HIGGS, D. A. Influence of dietary lipid composition on the immune system and disease resistance of finfish. In: (LIM, C.; WEBSTER, C. D. (Ed.)). **Nutrition and Fish Health**. Binghamton: Food Product, 2001. p. 213-234.

BARROS, G. C. Perda de qualidade do pescado, deteriora e putrefação. **Revista CFMV**, Brasília, v. 9, n. 30, p. 59-64, 2003.

BELLAVER, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO ALLTECH DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s. n.], 2005. 1 CD ROM.

BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies**. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2003.

BERNARDINI, E. **Tecnología de aceites y grasas**. Madrid Alhambra, 1986. p. 234-261.

BLAZER, V. S. Nutrition and disease resistance in fish. **Annual Review of Fish Disease**, Amsterdam, v. 2, p. 309-323, 1992.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.

BORAN, G.; KARAÇAM, H.; BORAN, M. Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. **Food Chemistry**, London, v. 98, p. 693-698, 2006.

BORGSTROM, G. **Fish as food**. New York: Academic, 1962. v. 2, 777 p.

BOSCOLO, W. R. et al. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2579-2586, 2008.

BOSCOLO, W. R. et al. Desempenho e características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 443-447, 2004.

BOSCOLO, W. R. et al. **Manual técnico: criação de pacu em tanque-rede para produção de carne mecanicamente separada (CMS)**. Toledo: Convênio de cooperação técnico-financeira para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à produção de peixes em sistema de tanques-rede no Reservatório de Itaipu - GEMAq/Unioeste/Itaipu Binacional, 2010. 50 p.

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM, 2007. 167 p.

BRAGADÓTTIR, M.; PÁLMAÐÓTTIR, H.; KRISTBERGSSON, K.
Composition and chemical changes during storage of fish meal from capelin
(*Mallotus villosus*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton,
v. 52, n. 6, p. 1572-1580, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 1.255, de 25 de junho de 1962**. Altera o Decreto nº
30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o regulamento da inspeção
industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: <[http://
www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Historicos/DCM/dcm1255.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Historicos/DCM/dcm1255.htm)>.
Acesso em: 22 nov. 2014.

BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº
50.040/61 referente às Normas Reguladoras de Emprego de Aditivos em
Alimentos, alterado pelo Decreto nº 691/62. **Diário Oficial [da] República
Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 9 de abril de 1965, retificado pelo de 20
de abril de 1965.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Compêndio
brasileiro de alimentação animal**. São Paulo, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº
30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção
Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial [da]
Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 7 jul. 1952. Seção 1, p. 10785.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução
Normativa n.º 6, de 15 de fevereiro de 2001. Regulamentos técnicos de
identidade e qualidade de paleta cozida, produtos cárneos salgados, empanados,
presunto tipo serrano e prato elaborado pronto ou semi-pronto contendo
produtos de origem animal. **Diario Oficial [da] República Federativa do
Brasil**. Brasília, DF, 19 de fevereiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **A Pesca no Brasil**. 2014.
Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/pesca>>. Acesso em: 12 out.
2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20MPA%202010.pdf>. Acesso em: 8 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o decreto 50.040 de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Compêndio de legislação de alimentos**. São Paulo, 2001. v. 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº451 de 19 de setembro de 1997**. Disponível em: <http://www.qualymilk.com/uploads/1/2/7/5/12756337/portaria_-_tipos_de_examens.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2014.

BRUM, A. A. S.; OETTERER, M.; REGITANO, M. A. D'. Óleo de pescado como suplemento dietético. **Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v. 10, n. 19, p. 71-78, 2002.

BURGER, J. Fishing, fish consumption, and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environmental Research**, San Diego, v. 108, n. 1, p.107-116, 2008.

CARDOSO, N. L. C.; BORGES, A. M. C. D. P.; SERAFINI, A. B. Avaliação microbiológica de carne de peixe comercializada em supermercado da cidade de Goiânia – GO. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n. 9, p. 81-87, 2003.

CARMO, J. R. et al. Caracterização de silagens ácidas de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 5, n. 5, p. 664-672, set./out. 2008.

CARVALHO, G. G. P. et al. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CARMO, J. R. **Qualidade de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) elaboradas com ácidos orgânicos**. 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CAVALCANTE JÚNIOR, V. et al. Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p.118-122, 2005. Supl.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

CENTENARO, G. S. et al. Enriquecimento de pão com proteínas de pescado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 663-668, 2007.
COMMISSION INTERNACIONALE D'LE ECLERAIGE. **Colorimetry**. 2nd ed. Vienna: CIE Central Bureau, 1976.

COMPENDIO brasileiro de alimentação animal. São Paulo: Sindirações/Anfal, 2004. 331 p.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago: CECTA-USACH, 2002. 309 p.

CÓRSER, P. I. et al. Alinalisis proximar, perfil dos ácidos grasos, aminoácidos essenciais y contenido em doce espécies de pescado comercial in Venezuela. **Archivos Latinos Americanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 2, jun, 2000.

CREXI, V. T. et al. Refino de óleos de corvina (*micropogonias furnieri*) provenientes dos processos de ensilagem ácida e termomecânico de farinha. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 50-56, 2007.

CREXI, V. T.; SOUZA-SOARES, L. A.; PINTO, L. A. Carp (Cyprinus carpio) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 44, n. 8, p. 1642-1648, 2009.

CUNHA, D. C.; CREXI, V. T.; PINTO, L. A. A. "Winterização" de óleo de pescado via solvente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, jan./mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000100032>. Acesso em: 21 jun. 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEME, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed.). Porto Alegre: ARTMED, 2010. 900 p.

DAPKEVICIUS, A. et al. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 77, n. 1, p. 140-146, 1998.

DE OLIVEIRA FILHO, P. R. C. **Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo**. 2009. 126 p. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2009.

DISNEY, G. J.; TATTERSON, I. N.; OLLEN, J. Recent development in fish silage. In: CONFERENCE ON THE HANDLING PROCESSING AND MARKETING OF TROPICAL FISH, 1., 1976, London. **Proceedings...** London: Tropical Products Institute, 1977. p. 321-40.

DYEBERG, J.; BANG, H. O. Homeostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet**, London, v. 1, p. 433-435, 1979.

DYERBERG, J. et al. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. **Lancet**, London, v. 312, p. 117-119, 1978.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J., Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 40, July 2007.

EL, S. N.; KAVAS, A. Determination of protein quality of rainbow trout (*Salmo irideus*) by in vitro protein digestibility-corrected amino-acid score (PDCAAS). **Food Chemistry**, London, v. 55, p. 221-223, 1996.

ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L. R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 49, n. 3, p. 259-70, 1989.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific opinion on fish oil for human consumption. **EFSA Journal**, Parma, v. 8, n. 10, p. 1874-1922, 2010.

EYMARD, S. et al. Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 10, p. 1750-1756, 2005.

EYNG, C. et al. Valor nutricional da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 19., 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** São Carlos, SP: SBMA: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 1 CD ROM.

FABRICIO, L. F. F. et al. Elaboração de caldo de peixe em cubos compactados utilizando pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*). Semina. **Ciências Agrárias**, Terezina, v. 34, p. 2411-252, 2013.

FAGBENRO, O.; JAUNCEY, K. Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus gariepinus*) fed dry diets containing co-dried lactic-acid-fermented fish-silage and protein feedstuffs. **Bioresource Technology**, Essex, v. 51, p. 29-35, 1995.

FELTES, M. M. C. **Estudo da síntese enzimática de triglicerídeos a partir de óleo de peixe**. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FELTES, M. M. C. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669–677, 2010.

FERRAZ DE ARRUDA, L. et al. Fish silage in black bass (*Micropterus salmoides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 5, p. 1261-1266, 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 497-509, May 1957.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Report highlights growing role of fish in feeding the world**. Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/231522/icode/>>. Acesso em: 13 out. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fishery and aquaculture statistics**. Rome, 2008. 57 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FishStat plus**: universal software for fishery statistical time series: version 2.3. Rome, 2010. 1 CD ROM.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The production of fish meal and oil**. Rome, 1986. (FAO Fisheries Technical, 142).

FRACALOSSO, D. M.; LOVELL, R. T. Dietary lipid sources influence responses of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to challenge with the pathogen *Edwardsiella ictaluri*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 119, p. 287-298, 1995.

FREITAS, A. S. et al. Composição química e protéico-molecular da farinha de resíduos de Camarão-Sete-Barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 111-120, 2002.

FUKUSHIMA, K. L. et al. Características químicas, microbiológicas e sensoriais de empanados formulados à base de polpa de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 28, p. 181-186, 2014.

GALVÃO, J. A.; OETTERER, M. **Qualidade e processamento de pescado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 237 p.

GARDUÑO-LUGO, M. et al. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. Niloticus*) males. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 1023- 1028, 2003.

GATLIN, D. M. Nutrition and health. in: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. (Ed.). **Fish Nutrition**. San Diego: Academic, 2002. p. 671-702

GERON, L. J. et al. Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and in vitro intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 136, n. 3/4, p. 226-239, Oct. 2007.

GOMES, M. A.; GONTIJO, L. C.; NEVES, S. F. P. Extração de óleo de tilápia (*Oreochromis Niloticus*) e avaliação físico-química da fração lipídica. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO, 5., e CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 11., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: [s. n.], 2011. 1 CD ROM.

GONÇALVES, L. U.; VIEGAS, E. M. M. Produção, caracterização e avaliação biológica de silagens de resíduos de camarão para tilápia-do-Nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1021-1028, ago. 2007.

GRUNDY, S. M. **Nutrition and disease uptake: heart disease**. Champaign: AOCS, 1994.

GRUNENVALDT, F. L.; CREXI, V. T.; PINTO, L. A. A. Refino de óleos de pescado provenientes dos processos de silagem ácida e termomecânico de produção de farinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2005.

GUILHERME, R. F.; CAVALHEIRO, J. M. O.; SOUZA, P. A. S. Caracterização química e perfil aminoácídico da farinha de silagem de cabeça de camarão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 793-797, maio/jun. 2007.

HAARD, N. F. et al. Stabilisation of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 36, n. 4, p. 229-241, Apr. 1985.

HENDERSON, R. J. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. **Archives of Anima Nutrition**, Montreux, v. 49, p. 5-22, 1996.

HONORATO, C. A.; CARNEIRO, D. J. Corporal composition de Nile tilapia fingerling (*Oreochromis niloticus*) fed with diets containing both different souces and protein levels and proportions of animal protein. In: **WORLD AQUACULTURE**, 1., 2003, Salvador. **Anais...** Salvador: [s. n.], 2003. p. 354.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 247.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Óleos e gorduras. In: _____. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Cap. 16. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABv4oAJ/oleos-gorduras>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

JACKSON, A. J.; KERR, A. K.; CROWEY, C. B. Fish silage as a dietary ingredient for salmon: I. nutritional and storage characteristics. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 211-220, May 1984.

JAMES, N. A.; BERRY, B. W. Use of chevon in the development of low-fat meat products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 571-577, 1997.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 2007. 92 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

KOMPIANG, I. P.; ARIFUDIN, R.; RAA, J. Nutritional value of ensilaged by-catch fish from Indonesianskrimp trawlers. In: CONNELL, J. J. (Ed.). **Advances in fish Science and technology**. Farnham: Fishing News Books, 1981. p. 52-9.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HARRIS, W. S.; APPEL, L. J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. **Circulation**, Baltimore, v. 106, n. 21, p. 2747-2757, 2002.

KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D. Proteases e inibidores no processamento de surimi. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2002.

LANDS, W. E. M. **Fish, omega-3 and human health**. 2nd ed. Champaign: AOCS, 2005. 220 p.

LEAF, A. Prevention of sudden cardiac death by n-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Cardiovascular Medicine**, New York, v. 8, p. 27-29, 2007. Suppl.

LOGATO, P. V. R. **Nutrição e alimentação de peixes da água doce**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. 128 p.

MACEDO-VIEGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R.; KRONKA, S. N. Estudo da carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em quatro categorias de peso. **Revista UNIMAR**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 863-870, 1997.

MAHGOUB, O. et al. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. **Meat Science**, Barking, v. 61, p. 381-387, 2002.

MAIA JÚNIOR, W. M. **Adequação do processo de silagens de resíduos de tilápias, caracterização dos lipídios e da fração seca em pó**. João Pessoa, 1998. 116 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estudo nutricional de plantas**. Piracicaba: Posfatos, 1989. 201 p.

MALUF, M. L. F. et al. Elaboração de massa fresca de macarrão enriquecida com pescado defumado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 84-90, 2010.

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C. **Tecnologia para produção do óleo de soja**: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

MARTINS, G. I. et al. Potential of tilapia oil and waste in biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 42, p. 234-239, 2015.

MATIAS, F. Aquicultura na América Latina e Caribe: situação atual, tendências e perspectivas. In: FEIRA NACIONAL DO CAMARÃO, 14., 2014, Fortaleza. **Palestra apresentada...** Fortaleza: FENACAM, 2014. Disponível em: <http://abccam.com.br/site/wp-content/uploads/2014/11/6-Aquicultura-na-Am%C3%A9rica-Latina-situa%C3%A7%C3%A3o-atual-e-perspectivas_-Felipe-Matias.pdf>. Acesso: 1 dez. 2014.

MATSUSHITA, M. Composition of fatty acid and lipid level in head fish species: Matrinxã (*B. cephalus*), Piraputanga (*B. microlepis*) and Pracanjuba (*B. orbignyanus*) cultivated in differet environments. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 179-183, 2003.

MENDES, L. G. **Microencapsulação do corante natural de urucum**: uma análise da eficiência da goma do cajueiro com material de parede, 2012. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MENEGAZZO, M. L.; PETENUCCI, M. E.; FONSECA, G. G. Production and characterization of crude and refined oils obtained from the co-products of Nile tilapia and hybrid sorubim processing. **Food chemistry**, London, v. 157, p. 100-104, 2014.

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

MINOZZO, M. G. **Elaboração de patê cremoso a partir de file de tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) e sua caracterização físico química, microbiológica e sensorial**. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MINOZZO, M. G.; HARACEMIV, S. M. C.; WASZCZYNSKJI, N. Perfil dos consumidores de pescado nas cidades de São Paulo (SP), Toledo (PR) e Curitiba (PR) no Brasil. **Revista de Alimentação Humana**, Porto, v. 14, n. 3, p. 133-140, 2008.

MINOZZO M. G.; WASZCZYNSKYJ, N.; BEIRÃO, H. L. Características Físico-Químicas do Patê de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), comparado a produtos similares comerciais. **Alimentos & Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 101-105, 2004.

MONTE, M. L. **Estudo cinético do branqueamento do óleo de carpa (*Cyprinus carpio L.*)**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Química Tecnológica Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande, 2010.

MORAIS, M. M. et al. Estudo do processo de refino do óleo de pescado. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 60, n. 1, p. 23-33, 2001.

MORALES-ULLOA, D. F.; OETTERER, M. Bioconversão de resíduos da indústria pesqueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 206-214, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient**. Washington, 1993. 102 p.

NICKELSON II, R.; MACCARTHY, S.; FINNE, G. Fish, crustaceans and precooked seafoods. In: **COMPENDIUM of methods for the microbiological examinations of foods**. 4th ed. Washington: APHA, 2001. cap. 48, p. 497-505.

NUNES, J. A. R. **Aproveitamento do rejeito da industrialização de pescado marinho a partir de silagem ácida**. 2001. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2001.

O'BRIEN, R. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3. ed. Boca Raton: CRC, 2009. 765 p.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**, Maríli, v. 5, p. 119-134, 1994.

OLIVEIRA, H. H. **Razão entre ômega-6/ômega-3, AGPI/AGS e caracterização físico-química do óleo de Collossoma macropomum (tambaqui) cultivados no Estado de Roraima**. 2008. 99 p. Dissertação (Mestrado EM Química) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2008.

OLIVEIRA, M. M. et al. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico: análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1218-1223, nov./dez. 2006.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 655-663, 2005.

PACHECO, T. A. et al. Análise de coliformes e bactérias mesofílicas em pescado de água doce / Analysis of coliforms and bacteria mesofílicas in fished of fresh water. **Higiene e Alimentação**, Mirandópolis, v. 18, n. 116/117, p. 68-72, jan./fev. 2004.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, July 2009. Especial.

PEZZATO, L. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 75-169.

PIMENTA, M. E. S. G. et al. Desempenho produtivo e digestibilidade pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, alimentada com dietas suplementadas com níveis crescentes de silagem ácida de pescado. (prelo). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1953-1959, nov./dez. 2008.

PONTES, E. C. et al. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 1626-1632, 2010.

RAI, A. K. et al. "Effect of fermentation ensilaging on recovery of oil from fresh water fish viscera". **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 46, p. 9 -13, 2010.

REISCHE, D. W.; LILLARD, D. A.; EITENMILLER, R. R. Antioxidants. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2002. p. 489-516.

REIS, T. A. **Caracterização de macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de pescado**. 2013. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RICHARD, J.; CZESNY, S.; DABOROWSKI, K. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth, and fatty composition in rainbow trout juveniles. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 363-371, 2007.

RODRIGUEZ-PALENZUELA, P. Los ácidos orgânicos como agentes antimicrobianos. In: AVANCES IN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 16., 2000, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: FEDNA, 2000. p. 155-167.

SAKABE, R. **Suplementação alimentar com ácidos graxos essenciais para tilápias do Nilo: desempenho produtivo, hematológico e granuloma por corpo estranho**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SALES, R. O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) em dietas experimentais com ratos.** 1995. 174 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

SANCHES, L. E. F. **Substituição do óleo de soja por óleo de tilápia e óleo de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** 2004. 79 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

SANTA CATARINA. **Decreto lei 3.748, de 12 de julho de 1993.** Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/86242012/Decreto-Lei-Estadual-3748-93-riispoa-Estadual#scribd>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

SANTANA-DELGADO, H.; AVILA, E.; STELO, A. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 141, n. 1/2, p. 129-140, Mar. 2008.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

SECCO, E. M.; STÉFANI, M. V. D.; VIDOTTI, R. M. Substituição da farinha de peixe pela silagem de peixe na alimentação de Girinos de Rã-touro (*Rana catesbeiana*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, maio/jun. 2002.

SEGURA, J. G. **Extração e caracterização de óleos de resíduos de peixes de água doce.** 2012. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 333-337, jul./dez. 2003.

SEIBEL, N. F. **Valoração do resíduo de pescado** : emprego na dieta de codornas e estudo de seu efeito nos ovos. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2002.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2005.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997.

SIMÕES, M. R. et al. Composição físico-química, microbiológica e rendimento de filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SIMOPOULOS, A. P. Summary of the nato advanced research workshop on dietary -3 and -6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality. **American Institute of Nutrition**, Philadelphia, v. 22, p. 521-526, 1991.

SOCCOL, M. C. H. **Otimização da vida útil da tilápia cultivada (*Oreochromis niloticus*), minimamente processada e armazenada sob refrigeração**. 2002. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SOUSA, M. M. D. S. et al. **Extração e caracterização do óleo de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e óleo de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) comercializadas em Teresina.** 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4781/3057>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

SOUZA, F. B.; MELO FILHO, A. A.; BARRETO, H. C. S. **Caracterização físico-química do óleo de peixe *Leodoporus friderici* (aracu-cabeça-chata) de Boa Vista – RR.** Roraima: ABQ, 2007.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; KRONKA, S. N. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 1-6, 1999.

STANSBY, M. E. **Em fish oils in nutrition.** Van Nostrand Reinhold: New York, 1990.

STEVANATO, F. B. et al. Aproveitamento de resíduos, valor nutricional e avaliação da degradação de pescado. **PUBVET**, Londrina, v. 1, n. 7, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=74>>. Acesso em: 10 maio 2014.

SUCASAS, L. F. A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado para o desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva.** 2011. 164 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SUZUKI, T. **Tecnología de las proteínas de pescado y krill.** Zaragoza: Acribia, 1987.

SZENTTAMÁSY, E. R. et al. Tecnologia do pescado de água doce: aproveitamento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 303-310, 1993.

TAKAHASHI, N. S. **Importância dos ácidos graxos essenciais**. 2005. Disponível em: <http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/acidos_graxos.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal American Oil Chemists Society**, Madison, v. 37, p. 44–48, 1960.

VALÉRIO, A. C. R. **Elaboração de silagem enzimática de pescado como alternativa ao processo tradicional**. 1994. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VIDOTTI, R. M. et al. Caracterização das silagens ácidas e fermentadas e determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína para tilápia após 7 e 30 dias da produção. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA, 1., 2004, Vitória. **Anais...** Vitória: [s. n.], 2004. p. 84.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal**. 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf>. Acesso em: 10 maio 2013.

VIDOTTI, R. M. **Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2001. 65 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2001.

VIDOTTI, R. M. **Tecnologias para o aproveitamento integral de peixes**. Macapá: [s. n.], 2011. 23 p. (Curso Técnica de Manejo em Piscicultura Intensiva).

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1097-1104, 2007.

VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003. 184 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

WATANABE, W. O. et al. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trend, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, London, v. 10, n. 3/4, p. 465-498, 2002.

WEBSTER, C. D.; LOVELL, R. T.; CLAWSON, J. A. Ratio of 20:3(n-9) to 20:5(n-3) in phospholipids as an indicator of dietary essential fatty acid sufficiency in Striped Bass, *Morone saxatilis*, and Palmetto bass, *Morone saxatilis* x *Morone chryops*. **Journal of Applied Aquaculture**, Binghamton, v. 4, n. 4, p. 75-90, 1994.

WEISS, J.; TAKHISTOV, P.; MCCLEMENTS, J. Functional materials in food Nanotechnology. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, p. 107-116, n. 9, 2010.

ANEXOS

Tabela 1A Resumo da análise de variância dos resultados do Potencial hidrogeniônico (pH), Temperatura das diferentes biomassas ensiladas (TB), Oxidação Lipídica (TBA) de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios		
		pH	TB	TBA malonaldeídos (mg/kg)
TRATAMENTO	4	0,263140**	1,344002**	9,935111**
Erro 1	10	0,011852	0,060105	0,000172
TEMPO	6	2,951495**	72,954320**	1,309946 **
TRATAMENTO × TEMPO	24	0,050839**	0,780800**	0,541967**
Erro 2	60	0,006993	0,093454	0,000239
CV1 (%)		2,63	1,18	2,08
CV2 (%)		2,02	1,47	2,45
Média geral		4,14	20,74	0,63

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)

Tabela 2A Resumo da análise de variância dos resultados dos índices de Peróxido (IP), Índice de Saponificação (IS), Índice de Acidez (IC) e Índice de Iodo (II) dos óleos brutos obtidos de silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios			
		IP meq/kg	IS mgKOH.g ⁻¹	IA % em ácido oleico	II % absorvido
TRATAMENT O	4	58,670404*	1688,859034**	2562,508546**	30,822244
Erro 1	10	0,007964	6,010202	1,111369	3,753956
TEMPO	6	0,84086**	16,671208**	22,213532**	23,752423
TRATAMENTO × TEMPO	24	0,086037**	18,471344**	5,064619**	71,031301
Erro 2	60	0,007339	8,438877	1,075000	9,774717
CV1 (%)		2,75	1,85	9,05	1,60
CV2 (%)		2,64	2,19	8,90	2,58
Média geral		3,24	132,759	11,64	121,069238

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)

Tabela 3A Resumo da análise de variância dos resultados dos índices de Peróxido (IP), Índice de Saponificação (IS), Índice de Acidez (IC) e Índice de Iodo (II) dos óleos refinados obtidos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios			
		IP meq/kg	IS mgKOH.g ⁻¹	IA % em ácido oleico	II % absorvido
TRATAMENTO	4	13,728451*	1821,606859*	18,527994	408,400182*
Erro 1	10	0,006682	1,814888	0,020779	4,805789
TEMPO	6	0,747053*	5,298733*	9,525777*	44,485995*
TRATAMENTO × TEMPO	24	0,087631**	6,067860**	3,235694**	8,914520**
Erro 2	60	0,021152	2,828174	0,079671	7,212972
CV1 (%)		3,90	1,10	2,32	1,65
CV2 (%)		6,94	1,38	4,54	2,02
Média geral		2,095	121,956	6,221	132,99

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)

Tabela 4A Resumo da análise de variância dos resultados Umidade (U), Extrato Etéreo (EE), Cinzas (CZ) e Proteína Bruta (PB) das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios			
		U%	EE%	CZ%	PB%
TRATAMENTO	4	18,527994	5775,332789	2875,674282**	1335,509644**
Erro 1	10	0,020779	0,762724	0,706411	0,333770
TEMPO	6	9,525777	344,518033	10,014612**	1454,097848**
TRATAMENTO × TEMPO	24	3,235694	9,365600	8,648704**	82,004414**
Erro 2	60	0,079671	0,897117	1,029108	0,777537
CV1 (%)		2,32	3,81	3,47	1,40
CV2 (%)		4,54	4,14	4,19	2,14
Média geral		6,22	22,90	23,80	41,29

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)

Tabela 5A Resumo da análise de variância dos resultados da cor Luminosidade (L), cor que vão do verde ao vermelho (a*), cor que vão do azul ao amarelo (b*), croma (C) e Ângulo *Hue* (H) das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas, elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios				
		L*	a*	b*	C	H
TRAT	4	3674,476**	36,261**	2084,842**	1779,429**	3888,089**
Erro 1	10	0,049	0,002	0,018	0,022	0,060
TEMPO	6	190,036**	15,935**	19,335 **	13,063 **	133,971 **
TRAT × TEMPO	24	74,431*	4,887 *	11,9567**	10,322*	29,190 **
Erro 2	60	0,012	0,001	0,017	0,0289	0,010
CV1 (%)		0,49	0,72	0,58	0,61	0,35
CV2 (%)		0,24	0,52	0,57	0,70	0,14
Média geral		45,25	6,68	22,99	24,29	69,56

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)

Tabela 6A Resumo da análise de variância dos resultados minerais Fósforo (P) e Cálcio (C) das farinhas obtidas das extrações dos óleos a partir das silagens ácidas elaboradas com diferentes frações dos resíduos da filetagem de tilápias

FV	GL	Quadrados médios	
		P%	Ca%
TRATAMENTO	4	0,001328**	3,463614**
Erro 1	10	0,000703	0,337393
TEMPO	6	0,003173**	2,238815**
TRATAMENTO × TEMPO	24	0,000349	1,326434 **
Erro 2	60	0,000255	0,331790
CV1 (%)		3,84	9,28
CV2 (%)		2,31	9,20
Média geral		0,69	6,25

*Significativo a 5% de probabilidade (P<0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01)