



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**CAMILA PEIXOTO DO VALLE**

**UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DAS VÍSCERAS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) NA GERAÇÃO DE BIOPRODUTOS DE VALOR AGREGADO**

**FORTALEZA**

**2020**

CAMILA PEIXOTO DO VALLE

UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DAS VÍSCERAS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) NA GERAÇÃO DE BIOPRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Química. Área de concentração: Química.

Orientadora: Profa. Dra. Nágila Maria Pontes Silva Ricardo.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- V273u Valle, Camila Peixoto do.  
Utilização do óleo das vísceras da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na geração de bioprodutos de valor agregado / Camila Peixoto do Valle. – 2020.  
161 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, , Fortaleza, 2020.  
Orientação: Profa. Dra. Nágila Maria Pontes Silva Ricardo.
1. Óleo da Tilápia. 2. Biolubrificantes. 3. Nanoemulsão. 4. Curcuminóides. 5. Aplicação cabelo e pele. I. Título.

CDD

---

CAMILA PEIXOTO DO VALLE

UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DAS VÍSCERAS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) NA GERAÇÃO DE BIOPRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Química. Área de concentração: Química.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profª. Dra. Nágila Maria Pontes Silva Ricardo (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares Luna  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profª. Dra. Tamara Gonçalves de Araújo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profª. Dra. Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profª. Dra. Vitória Lopes Brada Bentley  
Universidade de São Paulo (USP)

A Deus.

À minha amada mãe Vania Peixoto do Valle (*in memoriam*) e aos meus queridos irmãos Lorena Peixoto do Valle e Filipe Peixoto do Valle.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela dádiva da vida, pelas oportunidades colocadas em meu caminho e principalmente por ter me dado uma família tão especial, obrigada por tudo.

Aos órgãos de fomento á pesquisa no Brasil, os quais o presente trabalho obteve apoio financeiro: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

Nada é possível ser realizado sem paixão, sem dedicação, sem reter na memória afetiva pessoas que contribuem cotidianamente para o nosso processo de vivência e amadurecimento. Meus agradecimentos vão para todos/as aqueles que estiveram presentes direta ou indiretamente ao longo dessa jornada.

À minha querida família Peixoto Valle, por tudo que sou, nas falhas e nas virtudes. Tios/as, avós, primos/as e irmãos. Obrigada por todo o carinho, cuidado e amor que vocês me oferecem há 30 anos. Um agradecimento em especial a minha irmã, Lorena Peixoto (Loló), por ser esta parceira de vida, dividindo sempre todos os bons e maus momentos.

Ao Tallis Abreu, por sua chegada na minha vida neste início de ano tão conturbado, me encheu de acolhimento. Obrigada pelo carinho, pela revisão deste trabalho de uma forma tão séria, gentil e atenciosa, por cada escuta atenta e por cada palavra de incentivo.

À minha orientadora, Profa. Nágila Ricardo, que me acompanha e me lapida intelectualmente desde o mestrado. Obrigada por todos os valiosos ensinamentos e oportunidades, pelo exemplo de mulher, mãe, pesquisadora e pessoa de coração “grande”, sempre disponível para nos ouvir, aconselhar e incentivar quer seja academicamente, quer seja na vida.

À Fundação Núcleo de Tecnologia do Estado do Ceará (NUTEC), por disponibilizar toda sua infraestrutura, em especial o Laboratório de Referência em Biocombustíveis Prof. Expedito José de Sá Parente (LARBIO), onde pude desenvolver parte da minha pesquisa do doutorado.

À todos os funcionários do NUTEC, em especial ao Jackson de Queiroz Malveira, Gerente da Área de Tecnologia de Alimentos e Química (GETAQ) da NUTEC pela sua amizade, incentivo, confiança e pelos ensinamentos durante os dez anos de uma harmoniosa convivência.

Aos amigos e colegas do LARBIO que me ajudam desde a graduação na pesquisa, análises, partilha de idéias e afeto. Em especial os amigos (as): Jailson Silva, Priscila Guer Naele Coelho, Flávio Albuquerque, Fernando Pedro, Rosali Barbosa e Erick Felipe.

Ao professor Murilo Tavares Luna, coordenador do Laboratório Núcleo de Pesquisa em Lubrificantes – NPL, pela acolhida desde o início das pesquisas com óleo no mestrado e por toda a ajuda prestada até o momento neste doutorado.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Separação por Adsorção (GPSA), em especial os/as colegas de bancada, que muitas vezes diviram conversas, lanches e ajudaram direta ou indiretamente na pesquisa: Janelene, Sheila Maria, Fernando Barros, Rosi, Rosana Saboya, Matheus, Leandro Marques.

À todos os colegas do Laboratório de Polímeros e Inovação de Materiais (LabPIM), pelo apoio e conhecimentos compartilhados, pelas risadas e por tornarem a rotina de pesquisa mais leve. Em especial ao bolsista de iniciação científica mais desenrolado e querido por todos da família Labpim, Pedro Oríbio, obrigada pela disponibilidade, proatividade e ajuda nos experimentos.

Agradeço a todos os colegas de doutorado, alguns desde o mestrado, que compartilharam momentos de estudo, de escrita de artigo, tensões e alegrias durante o decorrer desta jornada. Em especial: Aurélio Monteiro, Ana Maria Amaral, Horlando Carlota, Carlos Eduardo, Kelly Ruivo, João Paulo Marques e Ítalo Rios.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Química. Foram eles que me deram ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias.

À professora Tamara Gonçalves e sua aluna Laisa Nobre, pelo auxílio nas formulações cosméticas e caracterização das amostras.

Aos amigos que a UNILAB me presenteou, Ana Kátia, Davino Machado, Debora Costa, Ethaniêda Lima, Fernanda Rodrigues, Henrique Pinho, Julie Anne, Lívia Coelho, Roberta Taiane, Sarah Ramos, Simone Carvalho e Tatyane Bandeira. Gratidão a todos vocês que tornam as cansativas viagens e rotina de trabalho mais leves e divertidas.

À esta instituição (UFC) pelo ambiente propício à evolução e crescimento, bem como a todas as pessoas que a tornaram assim tão especial para quem a conhece.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos  
não é senão uma gota de água no mar, mas o  
mar seria menor se lhe faltasse uma gota”  
(Madre Tereza de Calcutá)



## RESUMO

Questões ambientais têm alavancado o interesse por processos sustentáveis capazes de converter a biomassa em produtos de valor agregado. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo a utilização do óleo das vísceras da Tilápia na produção, caracterização e utilização desta matéria-prima como biolubrificante e como matriz lipídica para o carreamento de bioativos oriundos do açafraão. Sobre os biolubrificantes, estes foram obtidos a partir da reação de esterificação dos ácidos graxos presentes no óleo hidrolisado, com diferentes álcoois (trimetilolpropano, propan-1,2-diol e 2-etilhexanol). Todos os produtos apresentaram rendimentos superiores a 85% com modificações estruturais acompanhadas por espectroscopia de RMN ( $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ ) e FTIR, além de propriedades físico-químicas comparadas a de outros produtos comerciais. O biolubrificante oriundo da esterificação com o álcool trimetilolpropano (TMP-P) revelou melhores valores para o índice de viscosidade (196,7) e estabilidade termo-oxidativa ( $>250\text{ }^\circ\text{C}$ ), apresentando viscosidade compatível para aplicações como fluido industrial (ISO VG 46) e fluido de engrenagem automotiva (SAE 30). Quanto ao uso do óleo como matriz carreadora, um total de 18 formulações variando-se o teor da fase orgânica, a proporção e teor dos surfactantes (Span®80 e Tween®80) foram estudadas, sendo três (N3, N9 e N15) utilizadas no encapsulamento de curcuminóides por apresentarem os menores tamanhos de partícula e maior estabilidade ao longo de 90 dias. Nanoemulsões com curcuminóides encapsulados (NC3, NC9 e NC15) foram obtidas por ultrassonicação, apresentando elevada eficiência de encapsulamento ( $> 99,0\%$ ), atividade fungicida frente a cepas do gênero *Candida* e propriedades físico-químicas como: tamanho médio de partículas ( $< 300\text{ nm}$ ), índice de polidispersão ( $< 0,230$ ), potencial zeta ( $\geq -40,0\text{ mV}$ ) e pH ( $\sim 5,8$ ), ótimos para potencial uso tópico. O ensaio de penetração cutânea em orelha de porco para nanoemulsões contendo curcuminóides (NC 09 e NC 15), revelou o óleo como excelente veículo no carreamento de compostos para camadas mais internalizadas da pele. Nanoemulsões à base do conteúdo saturado do óleo da Tilápia, quando utilizadas na composição de máscaras capilares, também demonstraram eficácia como agente selador de cutículas e restaurador de cabelos danificados por ação de descolorantes. O uso do óleo da Tilápia em aplicações como as propostas neste trabalho além agregar valor ao subproduto de elevada produção nacional, reduz os impactos ambientais decorrente da indevida destinação dos resíduos sólidos (vísceras).

**Palavras-chave:** Óleo da Tilápia. Biolubrificantes. Nanoemulsão. Curcuminóides. Aplicação cabelo e pele.

## ABSTRACT

Environmental issues have increased interest in sustainable processes capable of converting biomass into value-added products. In this context, the present work aimed to use the oil from the Tilapia viscera in the production, characterization and use of this feedstock as a biolubricant and as a lipid matrix for carrying bioactive substances intended for skin and hair treatment. Regarding biolubricants, these were obtained from esterification reaction of fatty acids present in hydrolyzed Tilapia oil with different alcohols (trimethylolpropane, 1,2-propanediol and 2-ethylhexanol). All the synthesized products had yields higher than 85%, their structural modifications were accompanied by NMR ( $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$ ) and FTIR, in addition to physical-chemical properties compared to other commercial products. The biolubricant from esterification with trimethylolpropane alcohol (TMP-P) showed better values for the viscosity index (196.7) and thermo-oxidative stability ( $> 250\text{ }^\circ\text{C}$ ), presenting viscosity compatible for applications such as industrial fluid (ISO VG 46) and automotive gear fluid (SAE 30). About using Tilapia oil as a carrier matrix, a total of 18 formulations varying the mixing ratio and the content of surfactants (Span<sup>®</sup> 80 and Tween<sup>®</sup> 80), and the oil phase were studied. Three best formulations (N3, N9 and N15) were used in the process of encapsulation of curcuminoids due to their smaller particle size and greater stability. Nanoemulsions with curcuminoids (NC3, NC9 and NC15) were obtained by ultrasonication technique. They showed values for encapsulation efficiency greater than 99.0%, fungicidal activity against fungi of the genus *Candida* and physicochemical properties such as: average particle size ( $< 300\text{ nm}$ ), polydispersion index ( $< 0,230$ ), zeta potential ( $\geq -40.0\text{ mV}$ ) and pH ( $\sim 5.8$ ) optimal for potential topical use. The pig's skin penetration test for nanoemulsions containing curcuminoids (NC 09 and NC 15) revealed oil as an excellent vehicle for carrying compounds to more internalized layers of the skin. Nanoemulsions based on the saturated content of Tilapia oil, when formulated in a capillary mask, have demonstrated effectiveness as a cuticle sealing agent and hair restorer damaged by bleaching action. The use of Tilapia oil in applications such as those proposed in this work adds value to the by-product of high national production and reduces the environmental impacts related to the improper destination of solid waste (viscera).

**Keywords:** Tilapia Oil. Biolubricants. Nanoemulsion. Curcuminoids. Hair and skin application.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Óleo da Tilápia a temperatura ambiente (a), fase insaturada (b) e fase saturada (c) pós centrifugação.....	21
Figura 2	– Maiores produtores nacionais de Tilápia em 2020.....	24
Figura 3	– Óleo da Tilápia e seus principais constituintes graxos.....	26
Figura 4	– Modificações químicas na molécula de triglicerídeo: as setas vermelhas, verdes e azuis representam o caminho da esterificação /transesterificação, formação de estolídeos e epoxidação/ abertura do anel, respectivamente.....	35
Figura 5	– Estrutura de uma nanoemulsão: (a) sistema óleo em água (O/A) com surfactante e (b) sistema água em óleo (A/O) com surfactante.....	39
Figura 6	– Fenômenos que levam a separação das fases em uma nanoemulsão.....	40
Figura 7	– Mecanismos de permeação de drogas hidrofóbicas a partir de nanoemulsões: (A) – Rompimento da bicamada lipídica do EC, (B) – Aprimoramento da permeação transdérmica através do nanodimensionamento das gotículas de óleo, (C) – Ligação das nanoemulsões de carga positiva à pele com carga negativa. (D) – Mudança da partição do medicamento em camadas da pele, (E) – Hidratação da pele e dilatação dos canais intercelulares do SC. (F) – Via alternativa de permeação de ativos lipofílicos para entrega folicular com uma nanemulsão (O/A).....	43
Figura 8	– Anatomia dos folículos capilares e cabelo.....	45
Figura 9	– Alterações no fio de cabelo e irritação cutânea causada por cosméticos.....	46
Figura 10	– Espécime de <i>Curcuma longa</i> com inflorescência (a), Rizomas frescos (b) e turmérico seco e moído (c).....	48
Figura 11	– Curcuminóides: (a) Curcumina - CUR, (b) Desmetoxicurcumina - DMC e (c) Bidesmetoxicurcumina – BDMC.....	48
Figura 12	– Tautomeria da curcumina: (a) forma cetônica, (b) e (c) forma enólica.....	49
Figura 13	– Fluxograma da extração e purificação do óleo de peixe.....	55

Figura 14 – Infravermelho das amostras ácido graxo (AGL), intermediário reacional epoxidado (2EHA-P) e biolubrificantes do álcool TMP (TMP-P), biolubrificante do álcool propan-1,2-diol (ETG-P) e biolubrificantes do álcool 2-etilhexanol (2EHA-P).....	71
Figura 15 – Espectro de RMN de $^1\text{H}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do Óleo da Tilápia e seu derivado AGL.....	74
Figura 16 – Espectro de RMN de $^{13}\text{C}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do Óleo da Tilápia e seu derivado AGL.....	75
Figura 17 – Espectro de RMN de $^1\text{H}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL e seu derivado biolubrificante (ETG-P).....	76
Figura 18 – Espectro de RMN de $^{13}\text{C}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL e seu derivado biolubrificante (ETG-P) .....	77
Figura 19 – Espectro de RMN de $^1\text{H}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL, produtos intermediários e biolubrificante (2EHA-P).....	78
Figura 20 – Espectro de RMN de $^1\text{H}$ (300 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL, produtos intermediários e biolubrificante (2EHA-P).....	79
Figura 21 – Espectro de RMN de $^1\text{H}$ (500 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL e biolubrificante (TMP-P).....	80
Figura 22 – Espectro de RMN de $^{13}\text{C}$ (500 MHz, $\text{CDCl}_3$ ) do AGL e biolubrificante (TMP-P).....	81
Figura 23 – TGA dos biolubrificantes do óleo da Tilápia em atmosfera de ar sintético...	84
Figura 24 – DTG dos biolubrificantes do óleo da Tilápia em atmosfera ar sintético.....	84
Figura 25 – Cromatograma CLAE-UV da mistura de curcuminóides obtida.....	105
Figura 26 – Molécula genérica dos curcuminóides e grupos substituintes.....	106
Figura 27 – RMN de $^1\text{H}$ (500 MHz, $\text{DMSO-d}_6$ ) dos curcuminóides oriundos do açafrão.....	107
Figura 28 – Espectro de RMN de $^{13}\text{C}$ (500 MHz, $\text{DMSO-d}_6$ ) dos curcuminóides obtidos.....	108
Figura 29 – Curva de calibração dos curcuminóides em etanol.....	117
Figura 30 – Tubo de centrifugação com ultrafiltro e nanoemulsão com curcuminóides.....	119
Figura 31 – Perfil de Penetração cutânea <i>in vitro</i> das formulações em pele de orelha de porco.....	122

Figura 32 – Mechas de cabelo utilizadas: (1) – cabelo “virgem”, (2) – cabelo descolorido e tratado com formulação com óleo “in natura”, (3) – cabelo descolorido e tratado com nanoemulsão a 1,5% e (4) – cabelo descolorido e tratado com nanoemulsão a 3,0 %.....	124
Figura 33 – MEV do fio de cabelo natural, sem alteração química, em um aumento de 2500X (a) e 250X (b), com detalhes da cutícula preservada.....	126
Figura 34 – MEV do fio de cabelo natural, tratado com máscara capilar contendo 1,5% de nanoemulsão, em um aumento de 2500X (a) e 250X (b), com detalhes da cutícula preservada.....	127
Figura 35 – MEV do fio de cabelo natural, tratado com máscara capilar contendo 3,0% de nanoemulsão, em um aumento de 2500X (a) e 250X (b), com detalhes da cutícula preservada.....	127
Figura 36 – MEV do fio de cabelo natural, tratado com máscara capilar contendo 3,0% de nanoemulsão, em um aumento de 2500X (a) e 250X (b), com detalhes da cutícula preservada.....	128

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção, produtividade e principais limitantes ambientais dos polos de cultivo de Tilápia no Brasil.....	25
Tabela 2 – Composição do Óleo da Tilápia conforme metodologia de extração.....	27
Tabela 3 – Propriedades físico-químicas de alguns lubrificantes minerais e biolubrificantes a base de óleos vegetais.....	33
Tabela 4 – Propriedades físico-químicas e reacionais de alguns biolubrificantes.....	36
Tabela 5 – Propriedades físicas e condições de reação da epoxidação de óleos vegetais e seus ácidos graxos derivados.....	38
Tabela 6 – Ensaio físico-químico realizados para o óleo e biolubrificantes .....	60
Tabela 7 – Caracterização físico-química do óleo da Tilápia e dos ácidos graxos derivados.....	62
Tabela 8 – Composição dos ésteres metílicos do óleo das vísceras da Tilápia por CG...	66
Tabela 9 – Propriedades físico-químicas dos biolubrificantes oriundos da modificação do óleo da Tilápia .....	67
Tabela 10 – Caracterização físico-química de alguns biolubrificantes comerciais.....	70
Tabela 11 – Bandas na região do infravermelho observadas para o óleo, ácidos graxos e biolubrificante da Tilápia.....	72
Tabela 12 – Valores de TGA dos biolubrificantes sintetizados sobre taxa de aquecimento de (10 °C. min <sup>-1</sup> ).....	82
Tabela 13 – Ensaio físico-químico do conteúdo saturado do óleo da Tilápia .....	91
Tabela 14 – Valores de EHL da fase saturada do óleo da Tilápia para mistura dos tensoativos lipofílico e hidrofílico.....	92
Tabela 15 – Estudo das variáveis envolvidas na obtenção das nanoemulsões oriundas do óleo da Tilápia .....	94
Tabela 16 – Composição percentual do conteúdo utilizada na obtenção da máscara capilar.....	100
Tabela 17 – Caracterização físico-química do conteúdo de lipídeos saturados do óleo da Tilápia.....	101
Tabela 18 – Perfil de ácidos graxos presentes na fase saturada do óleo da Tilápia.....	102
Tabela 19 – Dados espectrais de RMN de <sup>1</sup> H em DMSO-d <sub>6</sub> dos curcuminóides.....	107

Tabela 20 – Dados espectrais de RMN de $^{13}\text{C}$ em DMSO- $\text{d}_6$ dos curcuminóides.....	108
Tabela 21 – Proporção de tensoativos aplicada na determinação do valor de EHL do conteúdo satura oriundo do óleo da Tilápia.....	109
Tabela 22 – Identificação do conteúdo das formulações utilizadas no teste de estabilidade a temperatura ambiente.....	111
Tabela 23 – Variáveis envolvidas na obtenção das NPLs, medidas realizadas ao longo de 90 dias.....	111
Tabela 24 – pH das formulações testadas.....	114
Tabela 25 – Nanoemulsões lipídicas com o bioativo derivado do açafraão.....	115
Tabela 26 – Valores percentuais de curcuminóides nas nanoemulsões a temperatura ambiente.....	117
Tabela 27 – Avaliação do efeito antifúngico das amostras.....	120
Tabela 28 – Caracterização das amostras de cabelo.....	125

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	20
2	<b>CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	23
2.1	<b>A Tilápia no mundo, no Brasil e no Ceará</b> .....	23
2.2	<b>O Óleo da Tilápia</b> .....	26
2.3	<b>Tecnologia de extração e purificação do óleo</b> .....	28
2.3.1	<i>Extração</i> .....	29
2.3.2	<i>Purificação</i> .....	29
2.4	<b>Biolubrificantes</b> .....	31
2.4.1	<i>Química da obtenção dos biolubrificantes</i> .....	34
2.4.1.1	<i>Reação de Esterificação/Transesterificação</i> .....	35
2.4.1.2	<i>Reação de Epoxidação e abertura de anel epóxido</i> .....	37
2.5	<b>Nanoemulsões</b> .....	39
2.6	<b>Nanoemulsões na Terapia Tópica</b> .....	42
2.7	<b>Nanoemulsões no Tratamento Capilar</b> .....	44
2.8	<b>Curcuminóides</b> .....	47
3	<b>CAPÍTULO II – BIOLUBRIFICANTES A PARTIR DO ÓLEO DA TILÁPIA</b> .....	51
3.1	<b>Introdução</b> .....	51
3.2	<b>Objetivo geral</b> .....	53
3.3	<b>Objetivos específicos</b> .....	53
3.4	<b>Procedimento Experimental</b> .....	54
3.4.1	<i>Reagentes</i> .....	54
3.4.2	<i>Matéria-prima</i> .....	54
3.4.3	<i>Extração e purificação do óleo da Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)</i> .....	54
3.4.4	<i>Obtenção de ácidos graxos a partir do óleo purificado da Tilápia</i> .....	56
3.4.5	<i>Determinação da conversão dos triglicerídeos em ácidos graxos na reação de hidrólise</i> .....	56
3.4.6	<i>Determinação da conversão em ésteres biolubrificantes da reação de esterificação dos ácidos graxos</i> .....	57
3.4.7	<i>Síntese dos éteres biolubrificantes</i> .....	57
3.4.7.1	<i>Síntese do éster lubrificante (TMP-P)</i> .....	57



3.4.7.2	<i>Síntese do éster lubrificante (ETG-P)</i> .....	58
3.4.7.3	<i>Síntese do éster lubrificante (2EHA-P)</i> .....	58
3.4.8	<b>Ensaio físico-químico</b> .....	59
3.4.9	<b>Análises instrumentais</b> .....	60
3.4.9.1	<i>Determinação do perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa (CG-FID)</i> ....	60
3.4.9.2	<i>Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho com Transformação de Fourier (FTIR)</i> .....	61
3.4.9.3	<i>Análise Termogravimétrica – TGA</i> .....	61
3.4.9.4	<i>Ressonância Magnética Nuclear (RMN <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C)</i> .....	61
3.5	<b>Resultados e Discussão</b> .....	62
3.5.1	<b>Caracterização físico-química do óleo e dos ácidos graxos derivados da Tilápia</b> .....	62
3.5.2	<b>Composição do óleo da Tilápia e dos ácidos graxos obtidos a partir da hidrólise</b> .....	65
3.5.3	<b>Análises físico-químicas dos ésteres biolubrificantes obtidos</b> .....	67
3.5.4	<b>Infravermelho</b> .....	71
3.5.5	<b>Ressonância Magnética Nuclear (RMN <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C)</b> .....	73
3.5.6	<b>Estabilidade Termo-oxidativa dos biolubrificantes</b> .....	81
4	<b>CAPÍTULO III - OBTENÇÃO DE NANOMEULSÕES À BASE DO ÓLEO DA TILÁPIA PARA APLICAÇÃO COMO CARREADOR DE BIOATIVOS HIDROFÓBICOS E DERMO-COSMÉTICA</b> .....	86
4.1	<b>Introdução</b> .....	86
4.2	<b>Objetivo geral</b> .....	88
4.3	<b>Objetivos específicos</b> .....	88
4.4	<b>Procedimento Experimental</b> .....	89
4.4.1	<b>Reagentes</b> .....	89
4.4.2	<b>Matéria-prima</b> .....	89
4.4.3	<b>Extração e purificação dos curcuminóides oriundos do açafrão</b> .....	89
4.4.4	<b>Caracterização dos curcuminóides</b> .....	90
4.4.4.1	<i>Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho com Transformação de Fourier (FTIR)</i> .....	90
4.4.4.2	<i>Ressonância Magnética Nuclear (RMN <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C)</i> .....	90
4.4.4.3	<i>Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)</i> .....	90

4.5	Caracterização físico-química do conteúdo saturado do óleo da Tilápia.....	91
4.5.1	<i>Determinação do perfil de ácidos graxos saturados oriundos do óleo da Tilápia.....</i>	91
4.6	Determinação do valor de EHL requerido para o conteúdo saturado do óleo da Tilápia.....	91
4.7	Obtenção das Nanoemulsões Lipídicas (NLPs).....	93
4.8	Análise das variáveis envolvidas no processo de obtenção das nanoemulsões.....	93
4.9	Caracterização das formulações obtidas.....	94
4.9.1	<i>Determinação do tamanho de Partícula e Índice de Polidispersividade.....</i>	94
4.9.2	<i>Determinação do valor de pH.....</i>	95
4.9.3	<i>Potencial Zeta.....</i>	95
4.9.4	<i>Teste de centrifugação.....</i>	95
4.9.5	<i>Determinação do teor de curcuminóides por Espectroscopia no Ultravioleta/Visível.....</i>	96
4.9.6	<i>Eficiência de Encapsulamento.....</i>	96
4.10	Atividade Fungicida.....	96
4.11	Estudos de penetração in vitro em pele de orelha de porco.....	97
4.12	Ensaio em mechas de cabelo para aplicação das nanoemulsões em máscara capilar.....	99
4.13	Resultados e Discussão.....	101
4.13.1	<i>Caracterização físico-química dos lipídeos saturados do óleo da Tilápia (LSOT).....</i>	101
4.13.2	<i>Determinação do perfil de ácidos graxos.....</i>	101
4.14	Caracterização dos Curcuminóides.....	103
4.14.1	<i>Ensaio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).....</i>	104
4.14.2	<i>Ensaio de Ressonância Magnética Nuclear (RMN <sup>1</sup>H e <sup>13</sup>C).....</i>	105
4.15	Determinação do valor de EHL requerido para o conteúdo saturado do óleo das vísceras da Tilápia.....	108
4.16	Caracterização e avaliação das variáveis envolvidas no processo de obtenção das nanoemulsões.....	110
4.17	Determinação do valor de pH das formulações.....	113
4.18	Caracterização das nanoemulsões acrescida dos curcuminóides.....	114

<b>4.19</b>	<b>Quantificação por Espectroscopia de UV-VIS.....</b>	<b>116</b>
<b>4.20</b>	<b>Eficiência de Encapsulamento.....</b>	<b>118</b>
<b>4.21</b>	<b>Atividade Fungicida.....</b>	<b>119</b>
<b>4.22</b>	<b>Ensaio de Penetração.....</b>	<b>121</b>
<b>4.23</b>	<b>Aplicação como máscara restauradora capilar.....</b>	<b>123</b>
<b>4.23.1</b>	<b><i>Caracterização físico-química das mechas capilares.....</i></b>	<b>124</b>
<b>4.23.2</b>	<b><i>Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das mechas capilares..</i></b>	<b>126</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>129</b>
<b>6</b>	<b>PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>130</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>131</b>
	<b>ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DE VISCOSIDADE ISSO 3348 PARA ÓLEOS DE MÁQUINAS INDUSTRIAIS.....</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXO B – CLASSIFICAÇÃO DE VISCOSIDADE SAE J300 PARA ÓLEOS DE MOTOR.....</b>	<b>162</b>
	<b>ANEXO C – CLASSIFICAÇÃO DE VISCOSIDADE SAE J300 PARA ÓLEOS DE TRANSMISSÃO.....</b>	<b>163</b>