



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
TELEINFORMÁTICA**

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA MOTA

**REJEITOS DE PESCADOS: ANÁLISE LABORATORIAL, ENGENHARIA DE
PROCESSOS, AUTOMAÇÃO E VALIDAÇÃO DO POTENCIAL SÓCIO-
ECONÔMICO**

**FORTALEZA
2018**

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA MOTA

REJEITOS DE PESCADOS: ANÁLISE LABORATORIAL, ENGENHARIA DE
PROCESSOS, AUTOMAÇÃO E VALIDAÇÃO DO POTENCIAL SÓCIO-ECONÔMICO

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

Orientador:

Professor Dr. Guilherme de Alencar Barreto

Coorientador:

Professor Dr. José Tarcísio Costa Filho

FORTALEZA

2018

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)

- M871r Mota, Francisco de Assis da Silva.
Rejeitos de pescados: análise laboratorial, engenharia de processos, automação e validação do potencial sócio-econômico / Francisco de Assis da Silva Mota. – 2018.
188 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Guilherme de Alencar Barreto.
Coorientação: Prof. Dr. José Tarcísio Costa Filho.
1. Visceras de tilápia. 2. Biodiesel. 3. Máquina de extração de Óleo. 4. Avaliação econômica. I. Título.
CDD 621.38
-

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA MOTA

REJEITOS DE PESCADOS: ANÁLISE LABORATORIAL, ENGENHARIA DE
PROCESSOS, AUTOMAÇÃO E VALIDAÇÃO DO POTENCIAL SÓCIO-ECONÔMICO

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

Aprovada em: 17/12/2018.

Dr. Guilherme de Alencar Barreto (Orientador)
(UFC)

Dr. José Tarcísio Costa Filho (Coorientador)
(UFC)

Dr. Giovanni Cordeiro Barroso
(UFC)

Dr. Marcelo Kaminski Lenzi
(UFPR)

Dr. Daniel Ibraim Pires Atala
(Bioprocess Improvement e Centro Universitário Max Planck)

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pela força, saúde e paz para continuar lutando por dias melhores e nunca esquecer minhas origens.

Aos meus orientadores Dr. Tarcisio Costa Filho e Dr. Guilherme Barreto pelos ensinamentos, compartilhamento de experiências de vida e de conhecimentos.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, pelo apoio e colaboração.

Aos amigos e pesquisadores Rosana Saboya, Rafael Medeiros, Wilton, Professor expedito Parente, Francisco Francielle, Tarso Caselli, Fernando Pedro Dias, Edgar, pela contribuição na elucidação de tantos questionamentos.

Aos profissionais Jackson Malveira e Ana Luiza Maia pela colaboração técnica e científica.

Ao Banco do Nordeste pela colaboração e financiamento no desenvolvimento desta pesquisa.

Minha eterna gratidão:

Aos meus pais Assis de Sousa Mota e Antônia da Silva Mota que me ensinaram a viver de forma digna, repassando-me critérios de justiça e caráter, mostrando os caminhos de gratidão para com os próximos.

Aos meus irmãos Valdeci e Valdemir que tantas vezes me apoiaram e torceram por meu crescimento.

Ao meu padrinho Eng. José Pereira Francis pelo apoio, dedicação e por ter acreditado em meus sonhos.

Aos meus amigos e irmãos, Marcelo Ramalho e João Paulo pelo incentivo, atenção e amizade durante todo este período de minha vida.

A minha companheira, incentivadora, Elizangela Soares Amaral Mota, a minha filha, Maria Lis Amaral Mota, por toda dedicação e amor.

A todos meus familiares pelo apoio e compreensão.

Os membros que compõem o projeto agradecem ao conselho nacional de ciência e tecnologia (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio destiando ao desenvolvimento deste projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

"Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário"
Albert Einstein

RESUMO

A necessidade de novas fontes de energias renováveis é algo bastante estudado na atualidade. Em vários países a busca por novas fontes de matérias-primas para produção de biodiesel estão sendo avaliadas e utilizadas. Dentre estas fontes está a utilização de rejeitos de gorduras animal. Neste contexto, a utilização de rejeitos de pescados está sendo avaliada e aplicada como uma fonte intensiva na produção de biodiesel. No entanto, o desenvolvimento de tecnologias que possam tornar viável a extração destas gorduras ainda é um fator determinante na utilização integral destes rejeitos. Este estudo apresenta a avaliação da utilização das vísceras de Tilápia do Nilo, cultivadas em cativeiro, na produção de óleo e sua utilização na cadeia produtiva do biodiesel. E, em paralelo, foi realizado o desenvolvimento de uma máquina destinada a extração do óleo e separação da borra. O sistema, desenvolvido, processou 420 Kg de vísceras que, para poder gerar o teste, necessitou de 4.200 Kg de peixes. E, para avaliação da implantação da unidade no Estado do Ceará foi verificado que, somente seis unidades de beneficiamento poderão suprir a produção de rejeitos. Os resultados mostraram que o percentual em óleo obtido foi na ordem de 40-50% das vísceras. Os testes realizados conforme metodologia A.O.C.S. (American Oil Chemical Society) mostraram que os óleos obtidos apresentam, dentre outros, valores de acidez de 0,145 (mg KOH/g). O biodiesel produzido apresentou parâmetros analíticos dentro das normas vigentes de produção. Sendo que a acidez obtida foi da ordem de 0,217 (mg KOH/g). O sistema desenvolvido, após a análise de custos, apresentou um VPL de 302.202,46 e TIR 45%. Para o investimento de implantação, o período de retorno foi de 1,5 anos. Em termos de sensibilidade, a variação na obtenção das vísceras, em 90% acima do valor de referência (R\$0,15) na fonte de matéria-prima, ocasionará valor negativo de R\$ 33.731,30 na VPL. Assim, a verificação desta fonte de biomassa na geração de energia torna-se viável com o desenvolvimento desta nova tecnologia que poderá agregar valor aos rejeitos e diminuir os impactos ambientais provocados pela piscicultura.

Palavras Chave: 1. Vísceras de tilápia. 2. Biodiesel. 3. Máquina de extração de óleo. 4. Avaliação econômica.

ABSTRACT

The need for new renewable sources of energy is something that is much studied nowadays. In several countries the search for new sources of raw materials for biodiesel production is being evaluated and used. Among these sources is the use of animal fats waste. In this context, the use of fish waste is being evaluated and applied as an intensive source in biodiesel production. However, the development of technologies that can make the extraction of these fats viable is still a determining factor in the full use of these wastes. This study presents the evaluation of the use of the Nile Tilapia viscera, cultivated in captivity, in the production of oil and its use in the biodiesel production chain. In parallel, the development of a machine for the extraction of oil and separation of the sludge was carried out. The developed system presented a productivity of 420 kg of viscera which, in order to generate the test, required 4,200 kg of fish. To evaluate the implementation of the unit in the state of Ceará, it was verified that only six beneficiation units can supply the production of waste. The results showed that the percentage of oil obtained was about 40-50% of viscera. The tests performed according to A.O.C.S. (American Oil Chemical Society) methodology showed that the obtained oils have, among others, acid values of 0.145 (mg KOH/g). The biodiesel produced presented analytical parameters within the current norms of production. The obtained acidity was about 0.217 (mg KOH/g). The developed system, after cost analysis, presented a NPV of 302,202.46 and 45% IRR. For the deployment investment, the payback period was 1.5 years. In terms of sensitivity, the variance in obtaining viscera, 90% above the reference value (R\$ 0.15), in the source of raw material, will cause a negative value of R \$ 33,731.30 in NPV. Thus, the verification of this new source of biomass for energy generation becomes viable with the development of this new technology that can add value to the tailings and reduce the environmental impacts caused by fish farming.

Keywords: 1. Tilapia viscera. 2. Biodiesel. 3. Oil extraction machine. 4. Economic evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resumo dos tipos de óleo utilizados na Produção de Biodiesel no Brasil	18
Figura 2 - Evolução da produção mundial da pesca e aquicultura de 1950 a 2012.....	26
Figura 3 - Ranking dos 13 principais países em produção aquícola 2012	27
Figura 4 - Ranking das Principais Espécies consumidas no mundo e seu valor de comercialização	28
Figura 5 - Importância Aquícola nas Regiões do Brasil.....	30
Figura 6 - Espécies Introduzidas no Brasil – (a) Tilápia Rendalli, (b) Tilápia Zanzibar, (c) Tilápia do Nilo, (d) Tilápia vermelha da florida, (e) Tilápia Chitralada	33
Figura 7 - Estrutura da cadeia produtiva de pescados	34
Figura 8 - Fluxograma do conceito de aproveitamento integral do pescado.....	35
Figura 9 - Unidade de Beneficiamento de resíduos de tilápia.....	40
Figura 10 - Foto de Digestor	40
Figura 11 - Fluxograma para obtenção de óleo de pescado	41
Figura 12 - Fluxograma de Obtenção de Silagem Química de Tilápia	44
Figura 13 - Fases do Processo de Compostagem segundo a ação de micro-organismo.....	47
Figura 14 - Composteira construída em madeira.....	48
Figura 15 - Composteira construída em alvenaria.....	48
Figura 16 - Decomposição de fontes de nitrogênio e carbono em compostagem de resíduos de peixes. Esquema para alternância entre os materiais orgânicos e exemplo de leira de composto orgânico com camadas alternadas de substrato e resíduos de peixes.	50
Figura 17 - Comprovação da produção de CH ₄ em diferentes tratamentos	51
Figura 18 - Mecanismo utilizado para remoção do óleo dos rejeitos de Pescados	55
Figura 19 - Sistema destinado a extração de óleo de resíduos de peixes	55
Figura 20 - Mecanismo da reação de transesterificação.....	58
Figura 21 - Reações envolvidas na transesterificação de triglicerídeos	59
Figura 22 - Reação de esterificação.....	60
Figura 23 - Mecanismo da reação de esterificação.....	60
Figura 24 - Emissões de GEE evitadas e equivalência me plantios de árvores por ano: Vigência de diferentes percentuais de mistura de biodiesel no diesel mineral.....	63
Figura 25 - Efeito da Adição de biodiesel nas emissões diretas em motores de ciclo diesel ...	63
Figura 26 - Produtividade histórica da soja e da mamona.....	66

Figura 27 - Capacidade de produção de biodiesel na Alemanha (mil toneladas).....	70
Figura 28 – Destaque dos principais produtores de biodiesel	71
Figura 29 - Prospecção de produção nacional de biodiesel.....	73
Figura 30 - Mapa das plantas de biodiesel autorizadas no Brasil.....	74
Figura 31 - Açude Castanhão e seus limites.....	79
Figura 32 - Produção de tilápia em cativeiro (a) e Evisceração (b)	80
Figura 33 - Tilápia : (a) Tilápias de diferentes tamanhos; (b) aspecto interno das vísceras de tilápia	80
Figura 34 - Vísceras de peixe selecionadas	81
Figura 35 - Etapas do processo de Obtenção do Óleo de Peixe	82
Figura 36 - Trato digestivo de duas Tilápias de mesmo tamanho. No lado esquerdo trato digestivo da tilápia em jejum e, no lado direito, tilápia pós-alimentação.....	84
Figura 37 - Etapas do processo de transesterificação metílica biodiesel do óleo de víscera de tilápia. (a) transesterificação; (b) decantação; (c) lavagem; (d) desumidificação; (e) secagem; (f) biodiesel final	85
Figura 38 - Processo de saponificação da amostra	89
Figura 39 - Processo de Obtenção da Umidade: (a) Borra; (b) Dessecação da Borra; (c) Pós- dessecação da Borra.....	92
Figura 40 - Processo de Obtenção das Cinzas: (a) e (b) Borra no bico de Büsen para retirada da água e dos materiais voláteis; (c) Cinzas da borra Pós-Bico de Büsen.; (d) Cinzas na dessecatadora	93
Figura 41 - Refratômetro A.KRUSS OPTRONICS®	94
Figura 42 - KF Coulometer modelo 831 da METROHM®.	95
Figura 43 - Aparelhagem utilizada no ensaio de viscosidade: (a) viscosimétrico capilar cannonfenske, (b) Viscosímetro da marca TAMPSON ZOETERMEER- HOLLAND® modelo TV 2000/AKV	95
Figura 44 - Densímetro digital marca ANTON PAAR® modelo DMA 4500.....	96
Figura 45 - Bomba Calorimétrica.....	96
Figura 46 - Centrífuga	97
Figura 47 - Fluxograma de blocos das etapas envolvidas na engenharia básica do sistema....	99
Figura 48 - Fluxograma da etapa de extração do óleo e borra de tilápia do Nilo.....	100
Figura 49 - Fluxograma da etapa de análise de acidez do óleo extraído.	101
Figura 50 - Amostras de vísceras coletadas: (a) Vísceras não selecionadas, (b) Vísceras selecionadas	102

Figura 51 - Fluxo de material a ser obtido na linha produtiva de óleo extraído de vísceras..	103
Figura 52 - Cromatograma CG/FID – Biodiesel de Vísceras de Tilápia.....	110
Figura 53 - Influência do aumento percentual do suco biliar na acidez do óleo	112
Figura 54 - Variação percentual da acidez pelo acréscimo do percentual de suco biliar	112
Figura 55 - Fluxograma de processo – Unidade de extração de óleo.....	114
Figura 56 - Reator de Cocção com detalhe da serpentina – Detalhes do sistema internamente: (1) Boca de alimentação, (2) Isolamento externo, (3) Eixo com pá de agitação, (4) Bocal de descarga	117
Figura 57 - Reator de degomagem com detalhe da serpentina – Detalhes do sistema internamente: (1) Sistema com coalescedores, (2) costado do reator, (3) Castelo com gaxetas, (4) Isolamento externo	118
Figura 58 - Decantador vertical destinado a separação do material particulado. (a) decantador, (b) bandeija do decantador.....	119
Figura 59 - Trocador de calor e tanque de coleta de condensados. (a) trocador de calor, (b) tanque de coleta de condensados	120
Figura 60 - Vista externa e interna do reator de cocção	121
Figura 61 - Vista externa e interna (a) e interna (b) do reator de degomagem.....	121
Figura 62 - Vista externa e interna (a) e interna (b) do decantador.....	122
Figura 63 - Sistema de condensação de vapores	123
Figura 64 - Modelagem 3D da máquina Biopeixes.....	125
Figura 65 - Montagem dos reatores.....	126
Figura 66 - Sistema de decantação – (a) Distribuidor de líquidos, (b) Acoplamento decantador – Reator.....	127
Figura 67 - Trocadores e tanque de condensados.....	128
Figura 68 - Unidade piloto- Montagem Final.....	129
Figura 69 - Metodologia de extração de óleo de vísceras de peixes por membros da cooperativa em Curupati. (a) Casebre, (b) Tanques, (c) e (d) Biomassa utilizada no aquecimento, (e) Tancagem para óleo produzido, (f) Mamíferos presentes na área de produção.....	130
Figura 70 - Galpão e instalação do Sistema. (a) Galpão, (b) maquina, (c) Sistema instalado, (d) Teste de alimentação	131
Figura 71 - Capacitação de membros da piscicultura.....	133
Figura 72 - Vísceras utilizadas no teste de produtividade. (a) Vísceras recém coletadas, (b) Vísceras com 3 horas de estocagem	134

Figura 73 - Amostragem de vísceras coletadas para teste produtivo. (a) carregamento, (b) Tanques com vísceras não selecionadas	135
Figura 74 - Distribuição percentual da produção de tilápia em cativeiro no Ceará: (1) Castanhão, (2) Orós, (3) Sítios Novos, (4) P. Mirando, (5) Gal. Sampaio, (6) Aracoiaba, (7) Jaibaras, (8). Malcozinhado, (9) Castro, (10) Pacajus, (11) Trairi, (12) Olho d'água, (13) L. Cahuyp, (14) Mundaú, (15) Apuires vivo, (16) Muquem, (17) Tá	137
Figura 75 - Distribuição em termos de meses dos açudes Cearenses quando da utilização da máquina em três turnos diários	139
Figura 76 - (a) Custos Variáveis: (1) Custos com vísceras de peixes, (2) Custo com óleo térmico, (3) Custo com eletricidade, (4) Custo com água de refrigeração – (b) Custos Fixos: (1) Mão de obra, (2) Testes laboratoriais, (3) Manutenção e reparos, (4) Depreciação, (5) Taxas locais, (6) Seguro, (7) Custos indiretos, (8) Distribuição e venda	143
Figura 77 - Custos presentes no processo: (1) Custos variáveis, (2) Custos Fixos	144
Figura 78 - (1) percentual correspondente ao sistema para produção de fertilizantes, (2) percentual correspondente a máquina biopeixes	146
Figura 79 - Comparação entre receitas, impostos e lucros – (a) Sistema de extração do óleo, (b) Sistema de produção de adubos orgânicos.....	148
Figura 80 – Representação Gráfica do Ponto de Equilíbrio da Unidade de extração de óleo de peixe.....	151
Figura 81 - Representação Gráfica do Ponto de Equilíbrio da Unidade de produção de adubo	152
Figura 82 - Avaliação do saldo positivo gerado da integração produtiva de óleo e adubo	154
Figura 83 - Análise de sensibilidade o preço do óleo sobre a VPL.....	157
Figura 84 - Análise de sensibilidade o preço das vísceras sobre a VPL	158
Figura 85 - Análise de sensibilidade do PIS/COFINS sobre a VPL	160
Figura 86 - Análise de sensibilidade ICMS sobre a VPL.....	161
Figura 87 - Avaliação da sensibilidade entre valor das vísceras/PÍSCPFINS/ICMS/ Valor do Óleo.....	162
Figura 88 - Análise de sensibilidade para retorno do investimento (RI).....	163
Figura 89 - Tela de Entrada	165
Figura 90 - Tela de entrada de dados do software.....	166
Figura 91 - Dados do óleo Produzido.....	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção dos Principais Estados Aquícolas	30
Tabela 2 – Espécies cultivadas na aquicultura Brasileira e volume de produção	31
Tabela 3 – Nomenclatura das silagens de pescado.....	45
Tabela 4 – Percentual das Matérias-primas utilizadas para Produção de Biodiesel por Região	64
Tabela 5 – Características de algumas oleaginosas com potencial de uso energético	65
Tabela 6 – Evolução da produção mundial de óleos (mil toneladas) (USDA, 2007).....	65
Tabela 7 – Principais países produtores, exportadores e consumidores de óleos vegetais (milhões de Toneladas).....	67
Tabela 8 – Capacidade Instalada da Indústria de óleos vegetais no Brasil	68
Tabela 9 – Estimativa da produção de biodiesel por país.....	71
Tabela 10 – Capacidade das Plantas de Biodiesel no Brasil	75
Tabela 11 – Regime tributário Decreto nº 5.297/2004.....	76
Tabela 12 – Esquema de ensaios realizados para obtenção do óleo de Tilápia.....	84
Tabela 13 – Reagentes e material destinado ao ensaio de acidez do óleo.....	86
Tabela 14 – Reagentes e material destinado ao ensaio de saponificação do óleo	88
Tabela 15 – Reagentes e material destinado ao ensaio de iodo do óleo.....	89
Tabela 16 – Reagentes e material destinado ao ensaio de índice de refração	94
Tabela 17 – Padrões cromatográficos de ácidos graxos e sua pureza	98
Tabela 18 – Modelo utilizado no acompanhamento de cada batelada processada.....	102
Tabela 19 – Capital Total investido (Métodos Percentuais)	104
Tabela 20 – Parâmetros físico-químicos do Óleo de vísceras de Tilápia.....	108
Tabela 21 – Caracterização Físico-Química de Biodiesel metílico de Vísceras de Tilápia ...	109
Tabela 22 – Resultados de testes com a borra	111
Tabela 23 – Etapas envolvidas no desenvolvimento da unidade de extração de óleo.....	113
Tabela 24 – Listagem dos equipamentos existentes no sistema.....	115
Tabela 25 – Normas utilizadas na construção do sistema	115
Tabela 26 – Descrição dos equipamentos que compõem a unidade piloto	116
Tabela 27 – Produção óleo tilápia, vísceras nos açudes Cearenses.....	136
Tabela 28 – Balanço de máquinas destinada a uma produção com 3 turnos diários.....	138
Tabela 29 – Capital total investido na máquina biopeixes utilizando o método percentual ..	140
Tabela 30 – Custo total de produção anual da unidade piloto.....	142

Tabela 31 – Capital total investido no sistema de produção de adubo orgânico.....	145
Tabela 32 – Custo total de produção anual da unidade produtora de adubo orgânico	147
Tabela 33 – Distribuição de valores para percentuais da capacidade instalada do sistema de extração de óleo	150
Tabela 34 – Distribuição de valores para percentuais da capacidade instalada do sistema de produção de adubo	151
Tabela 35 – Obtenção de saldo quando da integração das unidades de extração e produção de adubo.....	153
Tabela 36 – Índices Financeiros referentes ao processo produtivo da máquina biopeixes	156
Tabela 37 – Avaliação do preço do óleo sobre o retorno do investimento (RI) e o período de retorno (PR)	164

LISTA DE SÍMBOLOS

A.O.C.S	<i>American OilChemicalSociety</i>
ANP	Agencia Nacional de Petróleo. Gás e Biocombustíveis
ASTM	<i>American Society for TestingandMaterials</i>
CAE	Custo Anual Equivalente
CF	Custo Fixo
CFT	Custo Fixo Total
CG	Capital de Giro
CT	Custo Total
Cv	Custo Variável
Dep	Depreciação
EN	<i>Européen de Normalisation</i>
FCt	Fluxo de caixa no t-ésimo período
I	Investimento Inicial
K	Custo Capital
MDA	Ministério do desenvolvimento agrário
NBR	Norma Brasileira
P	Preço unitário
P.A	Para análise
PE	Ponto de equilíbrio
RI	Retorno do Investimento
T _c	Teor de Cinzas
T _{cf}	Teor de Carbono fixo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
T _u	Teor de Umidade
USD	Dólar Americano
VPL	Valor presente líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Motivação do Trabalho e Caracterização do Problema	21
1.2	Objetivos	23
1.3	Organização dos capítulos da tese	24
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1	Produção de pescados no Brasil e no Mundo	26
2.2	Espécie Estudada (tilápia do Nilo)	32
2.3	Resíduos da Indústria Pesqueira	33
2.4	Estudos e Tecnologias Utilizadas para o Total aproveitamento dos Resíduos da Produção pesqueira	37
<i>2.4.1</i>	<i>Farinha de Pescados</i>	38
<i>2.4.2</i>	<i>Óleo de Pescados</i>	41
<i>2.4.3</i>	<i>Silagem de Pescado</i>	42
<i>2.4.4</i>	<i>Compostagem de Pescados</i>	46
<i>2.4.5</i>	<i>Produção de biogás utilizando os resíduos de pescados</i>	51
<i>2.4.6</i>	<i>Biodiesel de óleo de pescados</i>	52
2.5	Visão Geral da Produção de Biodiesel	57
<i>2.5.1</i>	<i>Definição de Biodiesel</i>	57
2.6	Rotas de produção de biodiesel	58
<i>2.6.1</i>	<i>Transesterificação</i>	58
<i>2.6.2</i>	<i>Esterificação</i>	59
2.7	Catalisadores homogêneos e heterogêneos	60
2.8	Impactos ambientais	61
2.9	Produção de Oleaginosas no Brasil e no mundo	63
2.10	Produção e Mercado de biodiesel	69
<i>2.10.1</i>	<i>Biodiesel no Brasil</i>	72
3	MATERIAIS E MÉTODO	78
3.1	Região destinada à coleta de amostras de vísceras e instalação da máquina após o seu desenvolvimento	78
3.2	A obtenção dos peixes dos quais serão extraídas as vísceras	79
3.3	Coleta de Vísceras	81
3.4	Metodologia de Extração de Óleo das Vísceras de Peixe	82

3.5	Testes com incremento de suco biliar	83
3.6	Metodologia da produção de biodiesel a partir de óleo extraído das vísceras de peixe	85
3.7	Análises Físico-químicas do óleo e do rejeito oriundo da extração (Borra).....	86
3.7.1	<i>Índice de Acidez</i>	86
3.7.2	<i>Índice de Saponificação – AOCS (American Oil Chemists' Society)</i>	87
3.7.3	<i>Índice de Iodo pelo Método de Wijs – EN 14111</i>	89
3.7.4	<i>Determinação de nitrogênio</i>	90
3.7.5	<i>Determinação do Teor de Umidade (NBR 8112 e E871)</i>	91
3.7.6	<i>Determinação de resíduos por Incineração (NBR 8112 e D1102)</i>	92
3.7.7	<i>Teor de Carbono Fixo (T_{cf})</i>	93
3.7.8	<i>Índice de Refração</i>	93
3.7.9	<i>Teor de Umidade por Karl Fischer</i>	94
3.7.10	<i>Viscosidade Cinemática a 40 °C</i>	95
3.7.11	<i>Densidade e Massa Específica</i>	96
3.7.12	<i>Avaliação do poder calorífico do biodiesel produzido</i>	96
3.7.13	<i>Centrifugação</i>	97
3.7.14	<i>Determinação dos Ácidos Graxos dos Óleos de vísceras de Peixe</i>	97
3.8	Engenharia básica da unidade piloto	98
3.9	Engenharia detalhada da unidade piloto	99
3.10	Desenvolvimento de Software de acompanhamento da produção na Máquina (BIOFISH).....	100
3.11	Testes de capacidade produtiva na unidade piloto.....	101
3.12	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE).....	103
4	RESULTADOS E DISCURSOES.....	108
4.1	Caracterização físico-química	108
4.1.1	<i>Caracterização físico-química do óleo extraído das vísceras da tilápia</i>	108
4.1.2	<i>Caracterização físico-química do biodiesel obtido do óleo extraído das vísceras de tilápia</i>	108
4.1.3	<i>Caracterização da Borra</i>	110
4.1.4	<i>Incremento de suco Biliar</i>	111
4.2	Desenvolvimento da unidade piloto	113
4.2.1	<i>Engenharia básica e detalhada dos sistemas</i>	113
4.2.2	<i>Modelagem Tridimensional do Sistema</i>	120

4.3	Montagem do Sistema	125
4.4	Instalação da Unidade na Cooperativa de Curupati peixes	129
4.5	Matéria-prima e capacidade de produção	133
4.6	Análise de custos da unidade.....	135
4.6.1	<i>Avaliação produtiva do Estado</i>	135
4.6.2	<i>Capital Total investido</i>	139
4.6.3	<i>Custo total de produção Anual</i>	140
4.6.4	<i>Capital Total Investido em fertilizantes organicos</i>	144
4.6.5	<i>Custo total de produção Anual em fertilizantes orgânicos</i>	146
4.6.6	<i>Análise do Ponto de Equilíbrio para os sistemas (Extração e adubos)</i>	149
4.7	Avaliação dos índices Financeiros.....	155
4.8	Análise de sensibilidade	156
4.9	Software desenvolvido na pesquisa.....	164
5	CONCLUSÕES	167
5.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	169
	REFERENCIAS	170

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o aquecimento global tem incentivado grandes discussões acerca da necessidade de se encontrar novas fontes de energia renováveis. O século passado pode ser caracterizado como o mais dependente de petróleo, dado a demanda energética desse produto que está cada vez maior. A sociedade atual acostumou-se com os derivados de combustíveis fósseis, o que a torna dependente desse produto não renovável. Quanto aos produtos derivados da matéria orgânica, eles abrangem grande parte do percentual de todos os produtos processados existentes no mercado. Os derivados de petróleo têm sido amplamente utilizados desde meados do século passado, substituindo, assim, a madeira, os metais e até mesmo o concreto e dando início ao que chamamos de petroquímica.

O aumento da população mundial acarreta a crescente demanda por novas fontes de energia. O meio científico e tecnológico, associado ao industrial, têm buscado novas fontes tecnológicas para suprir as necessidades energéticas, as quais crescem dia após dia. Neste contexto, o uso de energias renováveis surge como uma opção para diversificar a matriz energética, atribuindo com isso maior sustentabilidade local e preservação das reservas ambientais.

Devido aos altos níveis de emissão de gases poluentes, lançados pela combustão do óleo diesel na atmosfera – aumentando, assim, a temperatura média da superfície da Terra e, principalmente, o efeito estufa – há um grande interesse em se buscar combustíveis que possam substituir, parcial ou totalmente, o óleo diesel.

Em conjunto com a instabilidade da política de ofertas e preços de produtores e com os riscos da produção de energia nuclear (SUZUKI, 2011; MORTON, 2012, NAKAMURA; KIKUCHI, 2011), a energia renovável surgiu como uma alternativa menos impactante ao problema energético mundial.

A utilização de combustíveis de origem vegetal ou animal em motores do ciclo diesel é bastante atraente. Nesse aspecto, o biodiesel apresenta algumas vantagens em relação aos combustíveis derivados da matéria orgânica (petróleo), a saber: é livre de enxofre e de compostos aromáticos, tem alto número de cetano, é oxigenado, tem maior ponto de fulgor, e possui caráter não tóxico e biodegradável. Mas, é o caráter renovável que o torna mais interessante como combustível devido à alta existência de matéria-prima (FERRARI et al., 2005; KNOTHE et al., 2006).

Com o objetivo de incentivar a produção brasileira de biodiesel no Brasil e promover a inclusão de uma parcela mais carente de agricultores familiares, o Governo do

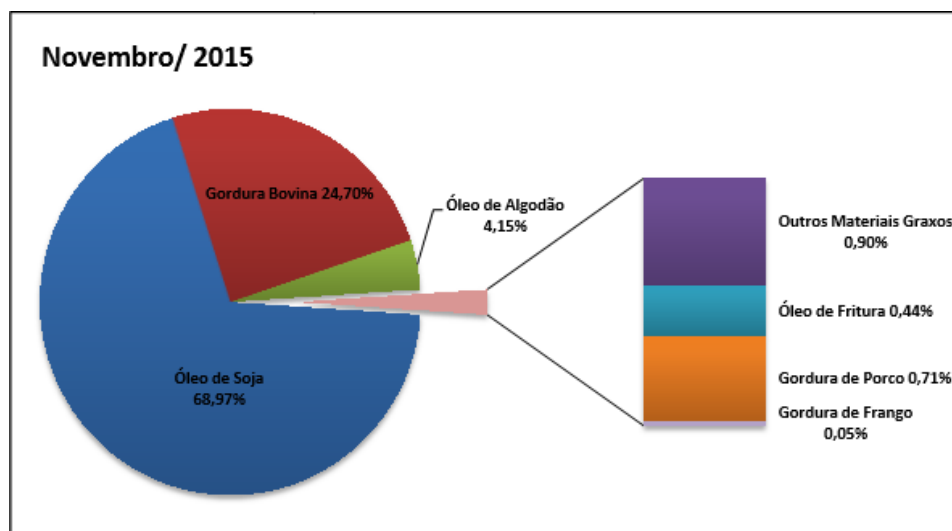
Brasil, no final de 2004, organizou o Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), o que permitiu que os agricultores passassem a ter acesso às fontes de crédito do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar). Ainda assim, as empresas produtoras de biodiesel que apresentarem conformidade na compra de matérias-primas, estas oriundas da agricultura familiar, podem adquirir o selo de combustível social que confere às mesmas os benefícios fiscais, através da redução de seus gastos com impostos, e as habilita à participação dos leilões organizados pela ANP (Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis) (SANTANA, 2008; LIMA 2013).

Atualmente, o Brasil possui 54 plantas produtoras de Biodiesel autorizadas pela ANP. Ao todo, elas são capazes de produzir 7.373,200 m³ por ano (ANP, 2017). No entanto, a produção em 2016 foi de 3.801,339 m³. Essas unidades processam em sua linha de transformação um material oleaginoso proveniente de óleos vegetais ou de gordura animal.

No Brasil, segundo o boletim da Agência Nacional de petróleo, 78,00% da matéria prima utilizada na produção de B7 (percentual de 7% de biodiesel ao diesel) é proveniente da soja (ANP, 2017). De acordo com Lima (2013), o óleo de soja em 2007 sofreu um aumento de 45%. Em 2006, no quarto leilão de biodiesel, o preço do m³ foi da ordem de R\$ 1.746,66, inferior ao preço do m³ do óleo vegetal (em torno de R\$1.757,50).

Ainda sobre isso, em 2015, quanto à utilização de novas fontes que possam tornar viável a produção de biodiesel, estão a utilização da gordura bovina (24,70%) e óleo de algodão (4,15%). O resumo da produção de óleo destinado ao biodiesel no Brasil é mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Resumo dos tipos de óleo utilizados na Produção de Biodiesel no Brasil



Fonte: ANP (2015).

Assim, de acordo com o gráfico da Figura 1, as outras formas de adquirir matéria-prima correspondem a 2,1% de todo o abastecimento. Nota-se, portanto, que a utilização de fontes alternativas, como abastecimento para produção de biodiesel, ainda é bastante escassa. Essa porcentagem adquiriu maiores proporções com o aumento da demanda do B2 para B5. Segundo T. Prates e colaboradores (2007), em 2005 o percentual do óleo de soja no biodiesel era da ordem de 85% em relação a outras fontes de matéria-prima. Assim, devido ao alto custo relacionado à utilização desse recurso, a necessidade de buscar novas fontes que possam agregar uma maior distribuição de renda, torna-se hoje uma das maiores prioridades das empresas que estão no mercado de biocombustíveis.

Considerando que a ANP é um órgão regulador capaz de possibilitar um melhor acompanhamento estatísticos da real situação no país, os dados por ela relatados em 2017 são tomados como referência. No entanto, pesquisas relatando a utilização de outras fontes são citadas na literatura. Trabalhos com mamona (CONCEIÇÃO et al., 2005), girassol (GEORGOGIANNIA et al., 2008), canola (ALBUQUERQUE, 2006), babaçu (SANTOS, 2008), milho (DANTAS et al., 2007), dentre outros, são descritos pela sociedade científica. Mas, devido às baixas proporções, ao alto valor do preço do óleo e ainda as ofertas no mercado, as utilizações destes reagentes não são postas na estatística do mercado produtor.

Cabe ressaltar que não basta somente produzir um éster a partir de óleos e gorduras animal. O produto final deverá apresentar características físico-químicas que possibilitem a ele ser utilizado como substituto de óleo mineral, usado em motores de ciclo diesel. Entre as propriedades a serem analisadas, seguem parâmetros como viscosidade e acidez do óleo, entre outras. Com isso, estudos e buscas de novas fontes de matérias-primas podem tornar a produção do biodiesel viável junto ao mercado nacional.

As matérias-primas que estão sendo enormemente avaliadas por pesquisadores entram no percentual de 2,6%, apresentado na Figura 1. Nesse percentual está relacionada a quantificação de todo óleo que não seria reaproveitado no consumo humano. Cada litro de óleo ou gordura animal presente neste material não reaproveitável, quando jogado em esgotos e mananciais poderá poluir cerca de um milhão de litros de água potável. Isso corresponde, segundo Hocevar (2005), à quantidade de água que uma pessoa consome ao longo de quatorze anos de vida.

Embora ainda não exista uma legislação específica para os descartes destes rejeitos em afluentes, consta no decreto federal n° 3179, datado de 21 de setembro de 1999, artigo 41, parágrafo 1º, inciso V, a aplicação de multas de até R\$ 50 milhões para pessoas físicas ou jurídicas que causarem poluição de qualquer natureza em níveis que resultem ou possam

resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortalidade de animais ou a destruição da flora através do lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos ou detritos, óleos ou substâncias oleosas em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos.

Nesse sentido, a utilização de rejeitos, após trabalhos de pesquisas que os qualificassem como matéria-prima adequada à produção de biodiesel (SILVA, 1997; SILVA et al., 2007; VOLZ et al., 2007; LIMA, 2008), passa a ser uma nova fase de readaptação dos sistemas produtivos e ajustes econômicos que venham a tornar a produção de biocombustíveis satisfatórias.

Nessa situação, embora não seja descrito pelo quadro comparativo da ANP, está o óleo extraído de rejeitos de pescados. Pesquisas relacionadas à produção de biodiesel, utilizando esta matéria-prima, vêm sendo realizadas em escala laboratorial. Trabalhos envolvendo pesquisas que possuíam como objetivo realizar análises físico-químicas do óleo extraído, foram realizados em diferentes espécies e restos de pescados (DIAS, 2009; LOPES et al., 2010; SEGURA, 2012; MARTINS, 2012).

Em 2009, a produção de pescados no Brasil foi da ordem de 290 mil toneladas e em 2011 tal produção chegou a 700 mil toneladas (MARTINS, 2012 apud BRASIL ATUAL, 2010, online). A produção de pescados, em termos mundiais, em 2015 atingiu 183,06 milhões de toneladas. Além disso, sabe-se que a população mundial cresce em uma curva exponencial. Sendo assim, o consumo de todo tipo de alimentos no Brasil e no mundo crescerá simultaneamente, ocasionando um aumento significativo na produção de rejeitos.

Diante de toda a situação exposta, na qual existe uma necessidade de abastecer as 54 unidades em operação no país e pelo fato de a principal matéria-prima utilizada na produção apresentar preços que inviabilizam a produção do biodiesel, quando face ao preço do óleo diesel, a utilização do óleo extraído de rejeitos de pescados demonstra-se uma oportunidade a ser explorada e avaliada técnica e economicamente. E, ainda, sem deixar de enfatizar que existe necessidade de as empresas manterem o selo social que as enquadram a obter redução de encargos fiscais.

Neste estudo, a avaliação de uma das espécies de pescados é realizada de forma que procedimentos semelhantes possam ser adaptados a outras espécies. Para isso, a espécie estudada e avaliada é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Mundialmente, essa espécie é a terceira mais cultivada em cativeiro, ficando atrás somente da carpa, segundo o SEBRAE (2015). Acrescente-se a isso, a tilápia do Nilo foi a espécie que mais se desenvolveu no Brasil nos últimos anos, chegando a um percentual de 46,6% da produção de peixes de água doce (XAVIER, 2015).

Os desenvolvimentos apresentados até o momento enfatizam a necessidade de se estudar e avaliar uma produção em maior escala dos rejeitos oriundos da produção de pescados. Pesquisas desenvolvidas por outros pesquisadores possuem como principal objetivo buscar dados laboratoriais que comprovassem que seria possível obter uma compatibilidade química entre o óleo extraído e sua utilização como matéria-prima na produção de biodiesel. No entanto, devido a necessidade de um grande volume de óleo, o desenvolvimento do estudo de viabilidade técnica, econômica, e industrial, torna-se necessária, pois visa tornar a extração do óleo uma atividade industrial. Para tanto, a principal contribuição deste trabalho consiste em um projeto e desenvolvimento de um sistema inovador em pequena escala para extração e produção do óleo a partir de vísceras atendendo às exigências da ANP, bem como a comprovação de sua viabilidade econômica.

1.1 Motivação do Trabalho e Caracterização do Problema

A motivação deste estudo encontra-se na necessidade de se reaproveitar materiais sólidos, impedindo que estes venham a contaminar fontes e mananciais de água doce utilizadas no consumo humano. Na atual situação mundial, na qual a escassez de água potável é um dos principais pontos avaliados e acompanhados por órgãos fiscalizadores, a manutenção da qualidade das fontes de água potável torna-se alvo de estudos cada vez mais específicos e aprofundados. E quanto a isso, a avaliação, o acompanhamento, a contrapartida de se produzir cada vez mais energia e alimentos é hoje uma obrigação dos meios de tecnologia, sejam humanas ou tecnológicas. Nesse patamar produtivo, as produções de energias limpas e renováveis estão tomando estágios cada vez mais acentuados perante a comunidade científica.

Contudo, as pesquisas mesmo que comprovadas em escalas laboratoriais, devem possuir como objetivo principal o desenvolvimento técnico, econômico e social da humanidade. E é nesse ponto que vários trabalhos científicos estão colaborando. Desta forma, para que um trabalho tenha continuidade, é necessário que outro tenha sido iniciado, além de possuir validade e reprodutibilidade dos resultados gerados durante a pesquisa.

As atividades desenvolvidas até o momento, em termos de pesquisas a respeito da utilização de rejeitos de pescados mostraram particularmente que os restos de biomassa oriundos de pescados apresentam potencial físico-químico para utilização como fonte de óleo a serem utilizados na cadeia produtiva de biodiesel. Cabendo salientar, e já dito anteriormente, que embora não se tenha uma legislação específica, o descarte de materiais oleaginosos e que venham a poluir fontes aquíferas poderá ocasionar multas de até 50 milhões de reais às pessoas

físicas ou jurídicas. No caso de produtores que trabalham no formato de pequenas cooperativas, a prática de limpeza de pescados (evisceração) nas margens de açudes ou barragens é uma atividade bastante utilizada no cenário em que vivem. A reutilização desta biomassa que pode gerar uma atividade paralela, rentável, hoje é algo a ser estudado e avaliado.

Na mesma linha de pensamento, as unidades de beneficiamento de óleos residuais (OGRS) possuem a necessidade de visualizar novas fontes de matéria-prima para produção de biodiesel. É importante e oportuno reaproveitar os rejeitos de uma produção significativa de pescados para: agregar todos os dados possíveis em termos de escala produtiva, meios de produção e avanços tecnológicos; integrar o reaproveitamento do rejeito, que hoje é um problema ambiental à política de coleta de óleos e utilizar pesquisas realizadas de maneira que estas possibilitem a produção de uma tecnologia que venha agregar valor a um produto que até o momento era apenas um problema ambiental e econômico a ser solucionado.

O problema destacado até o momento, o reaproveitamento de vísceras de tilápia do Nilo, não é apenas verificado regionalmente, mas chega a ser um problema nacional e até mesmo mundial. O desenvolvimento de uma tecnologia sólida, testada e comprovada, que possa extrair o óleo dos rejeitos e ser implantada em locais remotos poderá gerar rendas a comunidades produtoras de pescados e, também, beneficiar arranjos produtivos locais.

Neste contexto o óleo extraído de resíduos de tilápia tem potencial para produção de biodiesel (FADHIL et al., 2015; FADHIL; ALI, 2013; LIN; HUANG, 2012; VOORT et al., 2009). Porém, cabe aqui os seguintes questionamentos: a produção de óleo é viável? qual o valor mínimo a ser vendido o óleo extraído? como extrair em escalas maiores e que possam abastecer uma unidade produtora? Essas indagações, que ainda não foram respondidas são hoje os pontos a serem considerados durante a avaliação deste estudo.

A garantia da reprodutibilidade deste trabalho aqui desenvolvido, deve-se ao fato de que após responder às indagações postuladas anteriormente e adquirir a comprovação positiva dos fatos, a pesquisa irá favorecer a extração do óleo oriundo de rejeitos de pescados, em especial a tilápia do Nilo. Estudos realizados e já defendidos foram de grande contribuição para o desenvolvimento desta Tese.

Portanto, a pesquisa na área de reaproveitamento de biomassa vem contribuir para a busca de uma solução para as vertentes que abrangem impactos ambientais, desenvolvimento social, matéria-prima para produção de biodiesel e estudo de sua viabilidade econômica. Desta forma, o estudo realizado irá buscar preencher mais uma lacuna no que se refere ao reaproveitamento de pescados e introdução de novas tecnologias. Com isso, o trabalho tem como foco principal o agrupamento de dados que possam desenvolver um sistema piloto de

extração de óleo de vísceras de tilápia do Nilo, após descrever a capacidade do sistema, escalas produtivas, gastos e metodologia de implantação, quantificar os gastos e lucratividade que venham a tornar o projeto econômico e ecologicamente acessível a pequenos produtores de pescados em cativeiro.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal propor e desenvolver uma unidade piloto e inovadora, destinada à extração do óleo de vísceras de peixes, em particular da tilápia do Nilo. A partir das pesquisas realizadas e aqui discutidas, a unidade de extração atenderá a necessidade de um sistema que possibilite de forma eficaz e econômica a extração do óleo desses rejeitos. Em adição, foi realizada uma avaliação técnica e econômica para mostrar a viabilidade da unidade de extração desta matéria-prima para produção de biodiesel.

Para alcançar o objetivo geral, os específicos devem ser considerados, sendo eles:

- a) Realização da extração do óleo das vísceras de tilápia do Nilo;
- b) Caracterização do óleo através de ensaios físico-químicos;
- c) Realização de testes do óleo na produção de biodiesel;
- d) Caracterização do biodiesel através de ensaios físico-químicos;
- e) Obtenção dos parâmetros de pressão, temperatura, agitação e tempos de decantação do óleo extraído;
- f) Obtenção do balanço de massa da biomassa oriunda das vísceras de tilápia e sua rentabilidade em óleo;
- g) Elaboração de fluxograma de processo, engenharia e automação, envolvendo as principais operações unitárias presentes na unidade piloto;
- h) Desenvolver a Modelagem da unidade em 3D utilizando programas de modelagem;
- i) Acompanhamento da construção e implantação do sistema em uma cooperativa produtora de tilápia;
- j) Realização de testes de produtividade da unidade;
- k) Realização de estudo de viabilidade do processo de extração do óleo de vísceras;

- l) Desenvolvimento do software Biofish para o acompanhamento da qualidade do óleo em termos de parâmetros de acidez, balanço de massa e energia.

1.3 Organização dos capítulos da tese

Após iniciada a introdução desta tese, são apresentados nos próximos capítulos os estudos de aprofundamentos que justifiquem o trabalho desenvolvido. Inicialmente apresentar-se-á uma revisão geral sobre o mercado e produção mundial de pescados e seguiremos aos capítulos de resultados e discussões, bem como para o capítulo de conclusões e encaminhamentos futuros. Internamente a revisão, serão enfatizados levantamentos sobre matérias-primas para produção de biodiesel, capacidades produtivas de unidades produtoras, problemas relevantes ao fornecimento de insumos e legislação vigente. Logo em seguida, serão abordados estudos referentes à produção de pescados no Brasil e no mundo. Com isso, será possível quantificar a produção de pescados por meio extrativista e por produção em cativeiro.

No decorrer da revisão (seção 2) foi aprofundada o estudo produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), suas variações de espécies e capacidades produtivas. Ainda na introdução foi relatados estudos acerca da extração do óleo oriundo da biomassa não utilizável da tilápia. Para tanto, foram abordados as técnicas de extração e o real objetivo do óleo extraído. Nessa etapa foram discutidos estudos que envolvem tecnologias de extração e óleo de rejeitos de pescados e seu funcionamento. Considerando que os rejeitos são oriundos de diversas partes do peixe, o instrumento de estudo deste trabalho consiste nas vísceras da tilápia do Nilo.

A seção 3 é dedicada à descrição dos procedimentos experimentais e metodologia matemática utilizados no desenvolvimento da máquina e obtenção de parâmetros físico-químicos que servem para a obtenção de dados necessários ao desenvolvimento dos fluxogramas de processo, engenharia e automação. Ainda nesse capítulo foram relatados também os programas utilizados no desenvolvimento. Levando em conta que o presente trabalho tem por objetivo principal o desenvolvimento de uma tecnologia que possa agregar valor aos rejeitos da evisceração da tilápia do Nilo, foi apresentada a metodologia, com o devido equacionamento, da análise econômica da implantação do sistema desenvolvido. Assim sendo, torna-se possível diagnosticar a viabilidade da implantação do devido sistema. Ainda com o objetivo de qualificar o óleo obtido com auxílio do sistema, a metodologia de desenvolvimento do software de acompanhamento da qualidade do óleo BIOFISH ganhou aqui destaque, sendo que esta produção científica foi desenvolvida com o auxílio de dados da metodologia de obtenção de dados físico-químicos.

A seção 4 é dedicada aos resultados e discussões de todos os produtos obtidos durante o desenvolvimento desta pesquisa. Com isso, as premissas de que seria possível desenvolver um sistema capaz de agregar valor aos rejeitos de evisceração de tilápia, serão avaliadas e relatadas com dados verídicos. Como produto final para este trabalho serão apresentados os resultados de todos os dados laboratoriais que possibilitarão o desenvolvimento do sistema de extração de óleo. E, por fim, avaliar sua produção e valores de venda do óleo obtido. Fica entendido que os resultados permitiram concluir que o trabalho proposto ocasionou melhorias na obtenção de matéria-prima, reduziu impactos ambientais, melhorou condições sociais e distribuiu renda. Tudo isso torna esta pesquisa ainda mais relevante.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

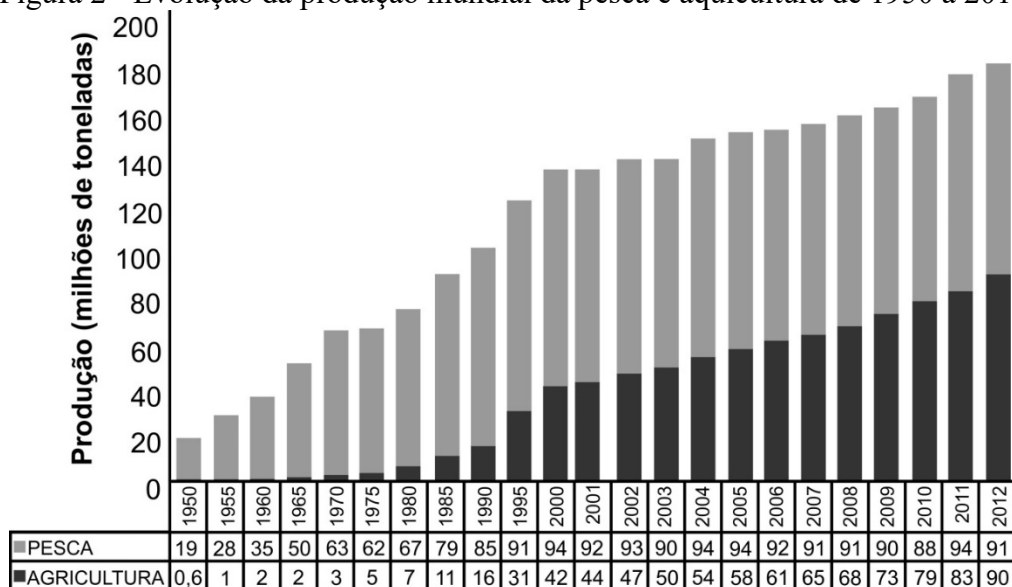
2.1 Produção de pescados no Brasil e no Mundo

A produção de alimentos em termos mundiais tem-se tornado uma vertente das diversas nações. Os países, devida ao seu crescimento populacional, produzem cada vez mais em menor tempo. Assim, a produção extrativista e a por controle em cativeiro, passou a ser a forma mais direta de garantir a necessidade de fontes alimentícias.

Nessa mesma linha produtiva estão relacionadas a pesca extrativista e aquicultura em cativeiro. A relação entre a pesca extrativista e controlada (cativeiro) assumiram relações inversas no decorrer dos anos. Em 2006, 110 milhões de toneladas de peixes estavam à disposição para o consumo humano, considerando as duas linhas produtivas. Em 2007, a captura de peixes marinhos e de água doce já era da ordem de 90 milhões de toneladas (FAO, 2009a apud FELTES, 2011). Sendo que em 1995, a produção mundial de pesca extrativista foi, aproximadamente, da ordem de 92 milhões de toneladas. Este valor, se comparado à produção extrativista de 2007, não apresentou variação expressiva. No ano de 1995, o valor da aquicultura foi de 31 milhões de toneladas, ou seja, até este período a aquicultura correspondia, a aproximadamente, 33% da produção mundial.

Na Figura 2 está apresentada a evolução da Aquicultura quando em comparação a pesca extrativista.

Figura 2 - Evolução da produção mundial da pesca e aquicultura de 1950 a 2012

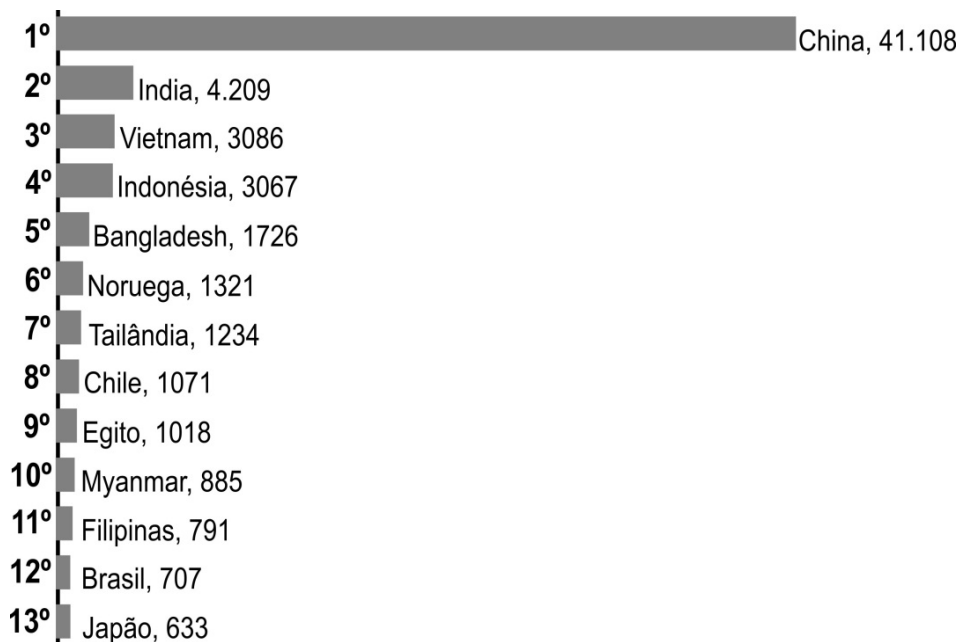


Fonte: FAO (2014 apud SEBRAE, 2015).

Segundo Camargo e Pouey (2005), a aquicultura pode ser definida como o cultivo de espécies que têm pelo menos uma parte de seu ciclo de vida em ambiente aquático. Assim, o ciclo de vida, em termos controlados de peixes, tem um tempo de respostas produtivas mais rápidas que animais extraídos no seu ambiente natural. Hoje em dia, a produção controlada possui um patamar de crescimento mais rápido e em condições de suprir o consumo humano. E os avanços tecnológicos colaboraram para este aumento significativo. Dado relevante dessa evolução foi o aumento da taxa de crescimento da produção da aquicultura. Em 1970, o aumento da produção em cativeiro, em comparação ao ano de 1969, foi da ordem de 8,8% (NEU, 2011).

De acordo com dados de FAO (2014 apud SEBRAE, 2015), a China é o principal país à frente de pescados em cativeiro. Somente no ano de 2012, este país produziu o equivalente a 45% de toda a produção mundial o que correspondeu a um valor de 41.108,306 toneladas. O ranking dos principais produtores de pescados em termos de produção aquícola é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Ranking dos 13 principais países em produção aquícola 2012



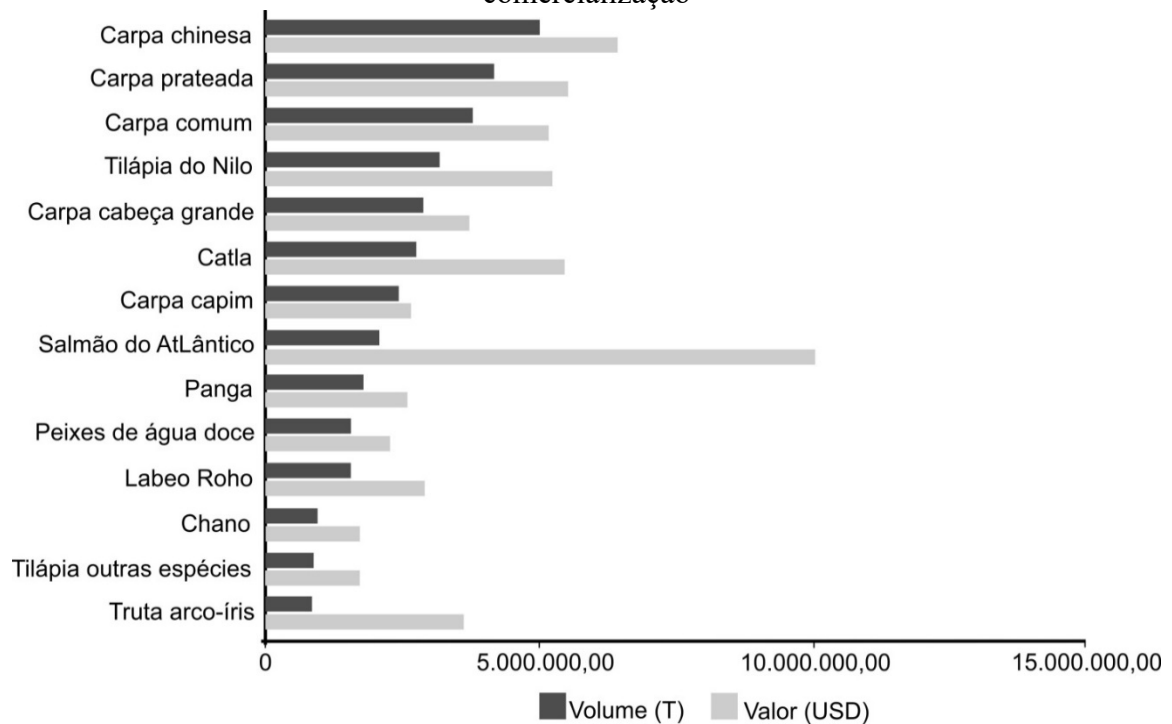
Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishstat (2014 apud SEBRAE, 2015).

Ainda com auxílio da Figura 3, é possível observar a superioridade produtiva do continente asiático em comparação ao restante dos continentes. Somente a Ásia foi responsável pela produção aproximada de 91% (66.670,226 toneladas) de toda produção mundial. Os continentes americano e europeu apresentaram respectivamente, uma produção de apenas, 3,5% (2.432,870 toneladas) e 3,4% (2.341,664 toneladas).

Cabe salientar que os valores percentuais destacados são da produção aquícola envolvendo diversas espécies em cativeiro (moluscos, crustáceos etc.). Destes valores, 63,5% foram relacionados à produção de peixes que alcançou um patamar de 1,98 USD/Kg. Para o percentual de 63,5% tivemos uma produção de 44,151 milhões de toneladas de peixes. Quanto à produção de pescados, o valor comercial atribuído ao comércio do produto aquícola foi relatado como sendo da ordem de 87,499 milhões de USD (FAO, 2014 apud SEBRAE 2015).

A relação dos principais tipos de peixes produzidos mundialmente e o valor comercializado por suas referidas espécies é apresentado na Figura 4. Nela, é possível observar a importância comercial das espécies e perceber o grau de consumo de cada uma delas.

Figura 4 - Ranking das Principais Espécies consumidas no mundo e seu valor de comercialização



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishstat (2014 apud SEBRAE, 2015)

O Brasil ocupa nesse *ranking* a 13^a posição na escala produtiva. Nosso país produziu até o referido momento, 707 mil toneladas de pescados. No entanto, de acordo com Crepaldi e colaboradores (2006), o Brasil possui um grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura. Nosso território possui 8.400 Km de costa marinha, 5.500.000 hectares em reservatórios de água doce, ou seja, possuímos 12% da água doce disponível no planeta para disponibilidade em recursos hídricos.

As pesquisas voltadas ao cultivo de organismos aquáticos no Brasil tiveram início por volta de 1930. Contudo, somente no ano de 1970 ocorreram a intensificações. Nesse período

também foi relatado o aumento da produção em 100%, passando de 17 para 35 milhões de toneladas (HARZIN, 2006).

Segundo Boscardim (2008), a aquicultura no Brasil passou a ser considerada uma atividade econômica somente a partir de 1990. Nesta data a produção estava em torno de 25.000 toneladas. A partir desse período a produção nacional cresceu 21% ao ano.

A grande mudança na produção aquícola brasileira ocorreu no final da década de 90, quando a produção de peixes no sistema semi-intensivo (criação de peixes em valas escavadas) passou a ser substituída, mais especificamente nos anos 2000, por sistemas produtivos tipo tanques-rede. Sendo que esta modalidade produtiva hoje ocupa diversos reservatórios públicos brasileiros (SCORVO FILHO et al., 2010).

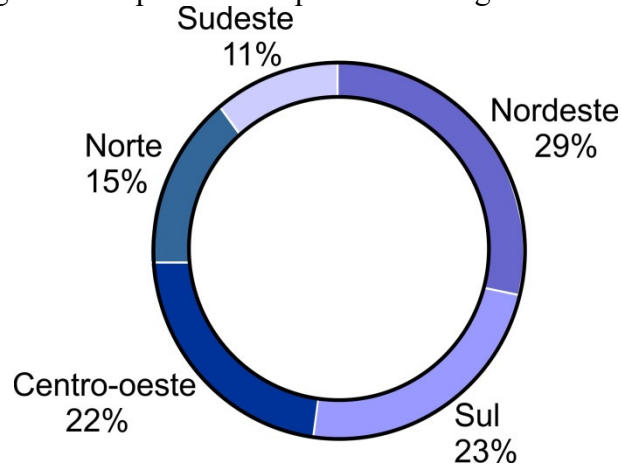
Um dos fatores que influenciaram a produção aquícola no Brasil, com exceção das políticas de fomento para o setor, foi a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura em julho de 2009. Neste período, de acordo com Castagnolli (2004), o aumento produtivo de peixes de água doce, com destaque para tilápia e peixes redondos como pacu e tambaqui, apresentaram um aumento de 230%. De acordo com dados do BRASIL (2010), no ano de 2009 somente a aquicultura foi responsável por 415.649,0 toneladas de pescados. Destes, a piscicultura foi responsável por 337.353,0 toneladas. Ou seja, neste período, com apoio de órgãos do governo e melhoria tecnológica na parte produtiva, somente a produção por piscicultura foi responsável por 81% da produção de pescados.

De acordo com Scorvo Filho et al. (2010 apud NEU, 2011), se fosse utilizado apenas 1% da capacidade hídrica, o Brasil seria o maior produtor de pescados do mundo. No entanto, o Brasil ainda é o segundo em produção de pescados, perdendo para o Chile que possui uma produção de 1.071 toneladas anuais. No Brasil, essa produção gera um PIB de 5 bilhões, proporcionando mais de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. Além disso, nosso país tem mais de três mil espécies de peixes nativos conhecidos e, menos de 20% dessas espécies participam da produção nacional. Ou seja, muitas destas espécies não possuem potencial econômico ou ainda não foram domesticadas. Com isso, a pesca de praticamente 80% da produção no Brasil é utilizada apenas para consumo de subsistência familiar (BRASIL, 2014).

No tocante a aquicultura no Brasil, a região Nordeste destaca-se como a maior produtora aquícola com 29% da produção nacional. No entanto, esse valor percentual deve-se, principalmente, a presença da carcinicultura (cultivo de camarão). No entanto, esta atividade não é encontrada em outros estados do Brasil.

Na Figura 5, são apresentados os percentuais produtivos de cada região do país. Nela são relatados a participação efetiva das regiões produtoras.

Figura 5 - Importância Aquícola nas Regiões do Brasil



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishstat (2014 apud SEBRAE, 2015)

Na relação apresentada pelos estados, existem três grandes que se destacam pela produção, são eles: Mato Grosso, Ceará e Paraná. Ao todo, os três estados produziram, em 2014, um total de 190 mil toneladas de pescados.

Na Tabela 1, são apresentados os estados produtores em ordem decrescente. Para cada estado é correlacionado à sua produção em 2014.

Tabela 1 - Produção dos Principais Estados Aquícolas

Estado	Quantidade Produzida Mil (Toneladas)
Mato Grosso	75.629,52
Ceará	64.619,68
Paraná	51.494,38
Santa Catarina	40.271,89
São Paulo	26.803,64
Rondônia	25.140,73
Goiás	22.912,75
Rio Grande do Norte	19.339,39
Maranhão	16.976,39
Roraima	16.133,71

Fonte: IBGE (2014).

Da produção em cativeiro, a piscicultura no território brasileiro é representada por 83% pela tilápia e pelos peixes redondos (tambaqui, piratinga etc.). Sendo que, deste produção, a produção de tilápia contribui para 47% de toda a produção nacional.

Como se pode observar pela Tabela 2, a tilápia, seguida do tambaqui, possui o maior patamar produtivo no território nacional. Segundo dados do SEBRAE (2015), a produção de tilápia no Brasil apresentou um crescimento de 70,4% desde 1994. E entre os anos de 2003 a 2009, a produção cresceu 105% passando de 64.857,5 toneladas para 132.957 toneladas.

Tabela 2 - Espécies cultivadas na aquicultura Brasileira e volume de produção

Produção de Espécies cultivadas no Brasil de 2007 a 2011 (t)					
Espécie	2007	2008	2009	2010	2011
Tilápia	95.091,00	111.145,00	132.975,00	155.450,80	253.824,10
Tambaqui	30.598,00	38.833,00	46.454,00	54.313,10	111.084,10
Tambacu	10.854,00	15.458,00	18.492,00	21.621,40	49.818,00
Carpa	36.661,00	67.624,00	80.895,00	94.579,00	38.079,10
Pacu	12.397,00	15.189,00	18.171,00	21.245,10	21.689,30
Tambatinga	2.028,00	3.514,00	4.204,00	4.915,60	9.858,70
Pintado	1.592,00	1.777,00	2.126,00	2.486,50	8.824,30
Curimatã	2.721,00	3.736,00	4.469,00	5.526,00	7.143,10
Bagre	2.102,00	2.912,00	3.484,00	4.073,40	7.048,10
Matrinchã	2.889,00	2.131,00	2.550,00	2.981,90	5.702,10
Outros	5.222,00	8.121,00	9.715,00	11.359,60	5.372,20
Piau	3.491,00	5.227,00	6.252,00	7.227,60	4.309,30
Truta	2.196,00	3.662,00	4.381,00	5.122,70	3.277,20
Jundiá	677	911	1.089,00	1.274,40	1.747,30
Piracuru	6	7	8	10,4	1.137,10
Trairá	140	190	227	266,3	926,5
Piraputanga	842	976	1.167,00	783,6	265
Cascudo		26	31	37,1	58
TOTAL	209.897,00	281.999,00	337.342,00	394.340,00	544.489,90

Fonte: Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA (2012).

Diante de todo o exposto na produção mundial e nacional, na qual apresentamos a produção de pescados com um crescimento exponencial para os próximos anos, cabe ainda salientar que toda essa produção se apresenta bastante reduzida para o mercado nacional. O Brasil, atualmente, possui um histórico decrescente. No ano de 2013 teve uma exportação de 31.253,729 toneladas, gerando uma receita de US\$ 200.822.999. Enquanto que em 2003 o volume de exportação foi da ordem de 107.816,912 toneladas.

No caminho contrário às exportações, o Brasil importou em 2013 um volume de 383.391.965 toneladas de pescados. Este fato representou um valor de US\$ 1.332.898.463. Com isso, quando comparado com 2003 (1.489, 260 toneladas), o aumento das importações foi da ordem de 791%.

2.2 Espécie Estudada (tilápia do Nilo)

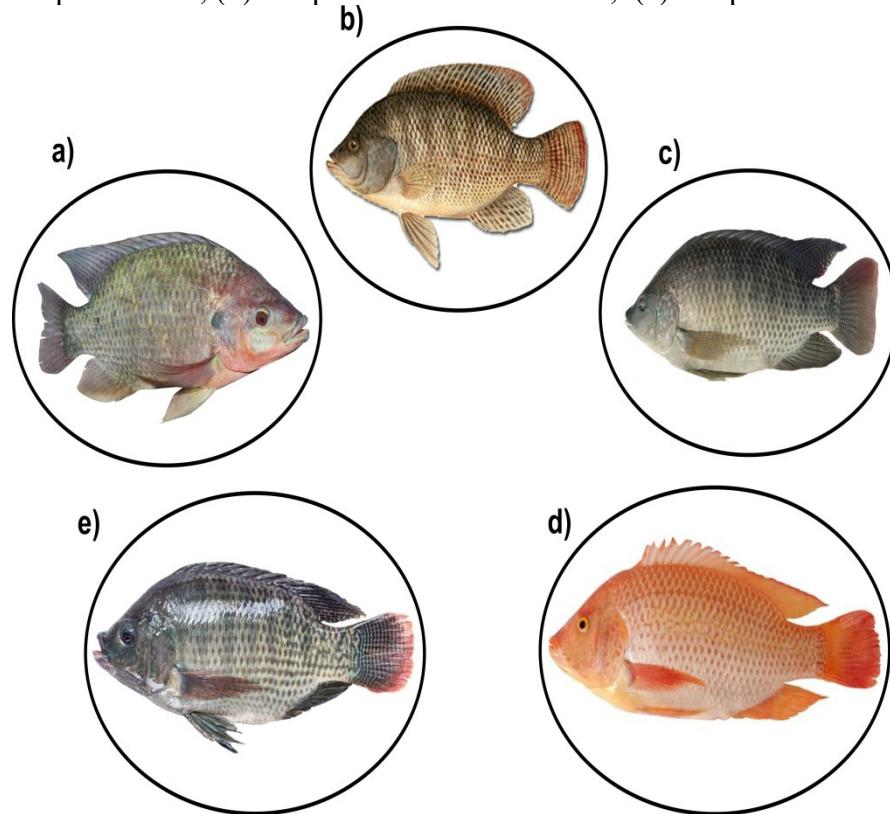
A introdução da tilápia no Brasil é apresentada em dois relatos bibliográficos. O primeiro conta que em 1952 a tilápia foi trazida da África pela Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo. Na ocasião, conta os relatos, que a introdução da espécie foi destinada a conter a proliferação de algas macrófitas aquáticas (OSTRENSKY et al., 2008 apud NEU, 2011). Com este fim, a espécie que foi introduzida foi a tilápia rendalli (CASTAGNOLLI, 1997). O segundo relato salienta que a tilápia foi transportada ao Brasil para povoar açudes da região Nordeste pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), no ano de 1971 (FIGUEIREDO JUNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008). A segunda introdução foi uma parceria entre o DNOCS e a Universidade de Auburn (LOVSHIN, 1998). Com isso foram entregues ao DNOCS espécies da tilápia do Nilo (*Oreochomis Nilocus*) e Zanzibar (*O. urolepis hernorum*). Os tipos de espécies introduzidas nestes períodos são apresentados na Figura 6. Neste período, embora se tenha datas históricas da introdução dessas espécies, teve-se pouca produtividade, pois o desempenho produtivo e limitações tecnológicas, em termos de ração e manejo, limitaram o sucesso (LOVSHIM, 1998).

A tilápia vermelha da Flórida e da linhagem chitralada foram introduzidas no Brasil na década entre 1980 e 1990. Essas espécies demonstraram seu potencial de cultivo em regime intensivo graças ao desenvolvimento de rações específicas para peixes (XAVIER, 2015). Com o aumento produtivo, em 1980 iniciou-se a construção dos primeiros frigoríficos com especialidade no abate de tilápia.

De acordo com Furuya e colaboradores (2001), a tilápia é uma espécie que se destaca na aquicultura por apresentar rusticidade e crescimento rápido, produzindo um filé com boa aceitação. Essa espécie possui ainda boa versatilidade de cultivo fácil aceitação de tipos de rações durante todos os estágios do cultivo com a utilização proteínas de origem vegetal com a mesma qualidade da ração de origem animal (TAKISHITA et al., 2009).

A produtividade da tilápia são relatados em diversos documentos. Desde sua publicação mais recente de uma produção mundial de 4.800.000 toneladas (FAO, 2014) e uma produção de 253.824,10 toneladas em 2011 (MPA, 2012). Em 2004, de acordo com Brasil (2014), nosso país produziu 69.068 toneladas, o que correspondeu a 25,58% de um total de 270.000 toneladas produzidas pela aquicultura. Ou seja, esta espécie está a cada ano aumentando sua representatividade e abastecendo o mercado consumidor.

Figura 6 - Espécies Introduzidas no Brasil – (a) Tilápia Rendalli, (b) Tilápia Zanzibar, (c) Tilápia do Nilo, (d) Tilápia vermelha da florida, (e) Tilápia Chitralada



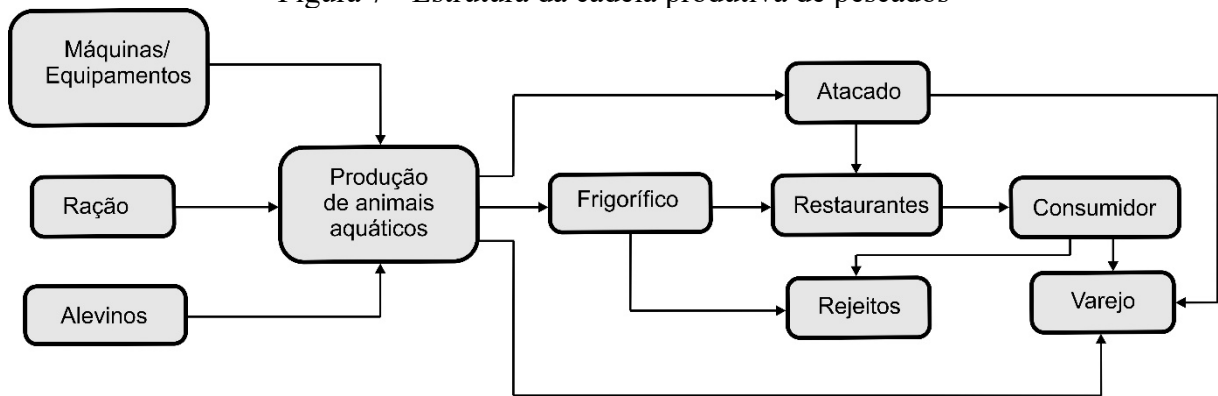
Fonte: A elaborado pelo autor (2016).

2.3 Resíduos da Indústria Pesqueira

A produção e transformação de uma matéria-prima em outros produtos equivale à geração de sobras que devem ser reutilizadas ou coletadas de forma adequada. Da mesma forma, o aumento e consumo de determinado alimento gera uma maior demanda produtiva e, por consequência, uma maior geração de sobras ou rejeitos. Estes rejeitos, por fim, possuem um enorme potencial de poluição ao meio ambiente (ARRUDA, 2004).

O fluxo produtivo de pescados e os tipos de mercados são apresentados na Figura 7. Nele são abordadas as vertentes produtivas do animal, em conformidade com a produção aquícola, e a distribuição para mercados e consumidores. Foi ainda adicionado o bloco correspondente à geração de resíduos em cada uma das zonas de consumo.

Figura 7 - Estrutura da cadeia produtiva de pescados



Fonte: Adaptado de SEBRAE (2015).

Os resíduos gerados da atividade agroindustrial são classificados como componentes gasosos, líquidos ou sólidos. Estes materiais, quando em contato com ar, água e solo podem causar sérias mudanças em sua composição virginal. De acordo com Lima (2013), estes podem causar prejuízos à vida aquática e terrestre. Em um outro trabalho descrito pelo mesmo autor, ele apresenta, de acordo com a NBR 10.004, a classificação de resíduos em duas classes: classe I e classe II. Na designação da classe I, são alocados os resíduos com características física, química e infectocontagiosas que possam transmitir riscos ao meio ambiente e ao ser humano. Na classe II, são englobados os materiais não perigosos, divididos em: substâncias com baixa solubilidade em água e biodegradáveis.

De acordo com Manual (1999 apud PITTIGLIANI, 2014), o problema ambiental gerado pela aquicultura inicia-se desde a sua implantação. Nesta ocasião ocorre os desmatamentos e, conseqüente, degradação da flora e da fauna. Além disso, os efluentes vindos da aquicultura podem conter algicidas, parasitas, microrganismos patogênicos, algas tóxicas como conseqüência da eutrofização dos tanques (MANUAL, 1999). Alguns autores Manual (1999 apud PITTIGLIANI, 2014), Kubitza e Campos (2006) e Lima (2013) recomendam a reutilização do efluente na agricultura, uma vez que estes possuem uma ampla gama de nutrientes que podem ser absorvidos por vegetais.

A destinação correta dos resíduos da piscicultura é hoje um problema sério para os piscicultores. Embora se enquadre na classe II, quando são jogados em quantidades elevadas em mananciais, causam danos ao meio ambiente (ARRUDA, 2004 apud MARTINS, 2012).

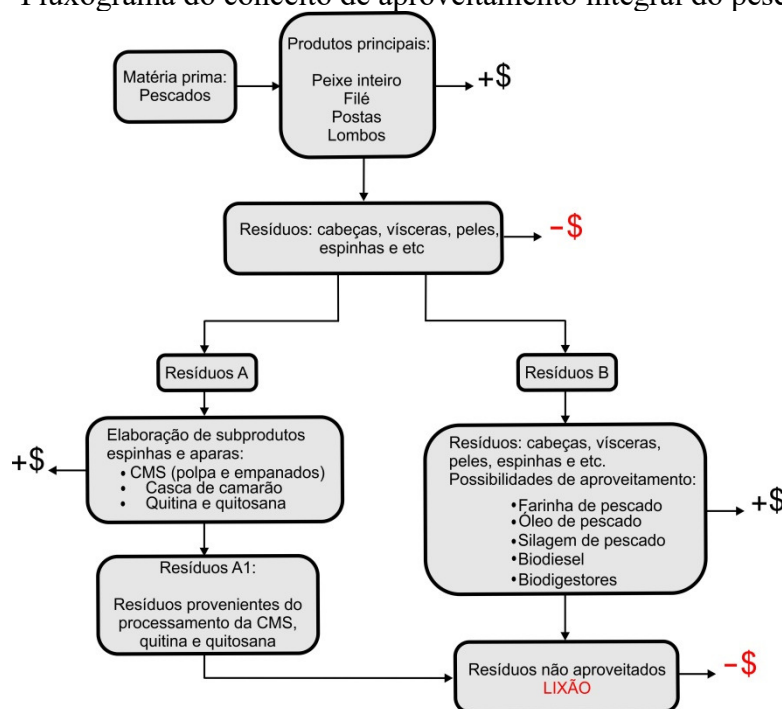
De acordo com Contreras-Guzmán (1994), caracteriza-se por resíduos de peixe, a cabeça, as nadadeiras, pele, escamas e vísceras, que segundo o autor podem chegar a 66% em relação a massa do animal. Algumas espécies apresentam percentuais característicos de sua estrutura corporal. A sardinha vermelha (*Sardinella brasiliensis*) possui um percentual de

rejeitos após a evisceração de 35 a 47,8% (LEE 1963; MORALES –ULLOA; OETTERER, 1997; SEIBEL; SOARES, 2003 apud FELTES et al., 2010). No processo de atum enlatado o percentual de rejeitos chega a ser da ordem de 60% da massa.

Segundo Rodrigues (2013), os maiores impactos provocados por resíduos sólidos orgânicos são oriundos da fermentação do material. Esse ataque microbiológico pode causar a formação de chorume e proliferação de cheiros ruins. Nunes (2001) considera que o problema se alastra devido ser inviável a coleta dos resíduos, uma vez que a quantidade seja pouca e haja distância entre os pontos de evisceração. Quanto à logística de coleta do material a ser processado, existe a perda de material que poderia gerar um maior valor agregado ao produto da aquicultura. Isso decorre devido aos meios de venda do peixe, que ao invés de passar por frigoríficos, são repassados diretamente ao comércio atacadista, seguido pelo comércio varejista e posteriormente, ao consumo humano.

Na Figura 8 é apresentado o fluxograma do aproveitamento dos resíduos.

Figura 8 - Fluxograma do conceito de aproveitamento integral do pescado



Fonte: SEBRAE (2015).

De um modo geral, os produtos de piscicultura, depois de estar em condições de abatimento, são processados e consumidos. Os rejeitos são direcionados à duas subdivisões (A e B), relacionadas aos rejeitos que podem ainda passar por processamento e gerar alimento humano e rejeitos que não mais podem ser consumidos. Os rejeitos levados a subdivisão A

acabam por gerar o que chamamos de CMS (Carnes mecanicamente separadas). Com este tipo de concentrado pode-se produzir *fishburgueres*, *nuggets*, *steak*, salsichas, entre outros. Atribui-se a este o maior valor do reaproveitamento dos resíduos. Trabalhos encontrados na literatura relatam a utilização do aproveitamento destes rejeitos em países com elevado problema de desnutrição (GUTIERRE, 2011, ARRUDA, 2004). A utilização do rejeito associado à subdivisão B é direcionado ao reaproveitamento de material impróprio ao consumo humano. No entanto, esse rejeito possui valor comercial quando processado e transformado em outros produtos, como por exemplo compostagem.

De acordo com Maia (1998), a necessidade de montar sistemas que possam realizar o aproveitamento dos resíduos de pescados é de ordem econômica e preservacionista. Ainda segundo o autor, pode-se pensar na total reutilização dos rejeitos mediante novos desenvolvimentos.

No entanto, o total aproveitamento destes rejeitos, uma vez que existe a dificuldade de logística no aproveitamento integral, necessita da utilização de tecnologias adequadas. Porém, uma grande parte das conhecidas no mercado não se mostram economicamente atraentes, em decorrência dos elevados preços e investimento inicial. A construção de graxarias, por exemplo, representa uma boa alternativa na transformação dos resíduos em subprodutos como farinha e óleo de peixes. Contudo, esse empreendimento exige também elevados valores e necessita de grande quantidade de matéria a ser processada (POTTIGLIANI, 2014).

Na tentativa de contemplar inovações quanto ao aproveitamento de resíduos, novos meios e tecnologias estão sendo discutidos e implementados (MOTA et al., 2014; VALLE et al., 2011). Com isso, tem-se a utilização dos produtos gerados dos rejeitos como fonte de energia e melhoria da qualidade de vida de comunidades isoladas (MOTA et al., 2014).

O emprego de meios de descarte em aterros, segundo Lustosa Neto (1994 apud MARTINS 2012), não é uma alternativa recomendável. Uma vez que as águas residuais geradas no processamento contêm sólidos suspensos, restos de peixes e elevada demanda bioquímica de oxigênio (FELTES et al., 2010). Com isso, o processamento correto dos resíduos de pescados tem por meta não somente o total aproveitamento do rejeito como também o encaminhamento da água a estações de tratamento de efluentes (ISLAM et al., 2004). A água também pode ser aproveitada em sistemas aquapônicos (integração de sistemas hidropônicos com criação de peixes) e para fertiirrigação (HIZANO et al., 2013).

Desta forma, o total conhecimento de todas as tecnologias envolvendo centros de pesquisas, conhecimentos produtivos e legislações vigentes poderão favorecer a cadeia produtiva e pequenos produtores. Além disso, a utilização do correto manejo dos resíduos,

devem evitar que meios aquáticos possam sofrer danos e ser contaminados com produtos que venham a sofrer fermentações e gerem produtos oxigenados em afluentes que são comuns ao consumo humano.

2.4 Estudos e Tecnologias Utilizadas para o Total aproveitamento dos Resíduos da Produção pesqueira

Segundo Ramírez (2007), são considerados como sendo resíduos de pescados as partes escuras do músculo e os resíduos provenientes da filetagem, como cabeça, carcaça, ossos, escamas e vísceras, sendo que estes podem representar 70% da matéria-prima original. A quantidade destes resíduos em 2002 já era da ordem de 18 a 30 milhões de toneladas (ZAHAR et al., 2002). Em estudos realizados por Anbel (2011), foi relatado que o beneficiamento de tilápia do Nilo possuía como resíduos 28,23% de carcaças, 17,12% de cabeças, 7,97% vísceras e 7,83% peles.

Segundo Martins (2011), os custos para descarte e/ou beneficiamento de resíduos são elevados. Estudos realizados pelo autor em cinco empresas de beneficiamento de pescados mostraram que a remoção de resíduos da empresa representa 83% dos custos, movimentação internamente representam 44% dos custos, armazenamento em câmaras de refrigeração 64% e o transporte para descarte 32% dos custos. Ainda segundo o autor, as empresas que colaboraram com o levantamento relataram que 44% de seus resíduos são direcionados a aterros públicos.

O aproveitamento dos resíduos de pescados tem por objetivos agregar valor ao rejeito da produção e reduzir os impactos ambientais causados por ele. No processo de beneficiamento dos resíduos tem-se como produtos (Figura 8): (i) farinha de pescado, (ii) óleo de pescado, (iii) silagem de pescado, (iv) biodiesel e, (v) biodigestores. Desta forma, nos próximos subitens são apresentadas com mais detalhes as tecnologias empregadas no aproveitamento dos resíduos.

2.4.1 *Farinha de Pescados*

De acordo com o RIISPOA (Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal), define-se farinha de pescado o subproduto obtido pela cocção de pescado ou de seus resíduos mediante o emprego de calor. Sendo que este produto deverá ser prensado, dessecado e triturado. Ao fim do processo, a farinha é classificada como sendo de primeira qualidade (farinha como mínimo de 60% de proteínas, máximo de 10% de umidade, 8% de gordura, 5% de cloretos e 2% de areia) e farinha de segunda qualidade (farinha com mínimo de 40% de proteínas, máximo de 10% de umidade, 10% de gordura, 10% de cloretos e 3% de areia) (PITTIGLIANI, 2014).

Para Lima (2013), a farinha de peixe é considerada um produto com baixo risco de deterioração bacteriana devido a sua baixa umidade e ao tratamento térmico sofrido. Assim sendo, este produto pode ser estocado sem que haja a necessidade de sistemas de refrigeração. No entanto, a falta de higienização nos galpões de estocagem e na unidade de processamento podem comprometer a qualidade da farinha produzida. No caso de se obter uma farinha de boa qualidade, a matéria-prima utilizada pode afetar a aquisição deste produto dentro de suas designações estipuladas.

A farinha é considerada uma das fontes proteicas de maior qualidade nutricional. Sendo que é largamente utilizada na produção de rações de animais aquáticos. Segundo Vidotti (2016), para a tilápia do Nilo a utilização de farinha de pescados demonstra bom aproveitamento desse nutriente. Sendo que na farinha de tilápia destaca-se uma boa relação entre os aminoácidos essenciais e os níveis de glicina. Os mercados que vêm absorvendo a farinha de pescado estão relacionados às indústrias Pet que utilizam a ração para felinos devido a sua alta qualidade proteica. Segundo levantamentos de Vidotti (2016), percentuais de 2,0% da farinha de peixe foram utilizados na ração de codorna, 4,0 a 7,5% em rações para leitões e 5,0% em rações para gatos.

No entanto, o processo de aproveitamento de resíduos para produção de farinha utiliza como tecnologia as graxarias de médio e grande porte. Kubitzka (2006) afirma que essa tecnologia utiliza em média diária, uma carga de abastecimento de 4000 – 50000 Kg/dia, e ainda que essa opção de processamento não estaria disponível a pequenos produtores devido ao alto custo e capacidade de abastecimento.

Com o crescimento do número de plantas de processamento de tilápia no Brasil e as diferentes capacidades de produção, Martins (2012) destaca que a quantidade de resíduos é

hoje muito diversificada. Com isso, o aproveitamento deve ser devidamente planejado em virtude da utilização do produto final (VIDOTTI; GONÇALVES, 2016).

O processo de produção de farinha de pescados segue o seguinte fluxo: (i) cocção, (ii) prensagem, (iii) centrifugação e (iv) secagem. Cada uma destas etapas possui como finalidade a produção de farinha e os subprodutos gerados durante o processo. Dentre esses subprodutos está o óleo extraído dos resíduos.

A cocção é a primeira etapa do processamento, sendo considerada a operação no qual se deve ter maior atenção ao processo. Nessa etapa, os resíduos são levados a um digestor, em alta temperatura ($110^0 \pm 10^0\text{C}$) e por um tempo médio de 90 minutos. As proteínas dos resíduos são coaguladas e uma fração da água é removida do processo por evaporação e o óleo é liberado após o cozimento. Os sistemas por digestores exigem a injeção de vapor no processo. Este procedimento torna o custo produtivo mais elevado, pois a unidade irá necessitar produzir vapor e por fim retirar uma maior umidade do produto gerado (LIMA, 2013). Após a cocção, o material é enviado a uma caixa percoladora e em seguida prensado, obtendo-se a torta de prensa. Durante o cozimento e prensagem obtêm-se óleo. Essa extração de óleo é obtida em peixes que foram produzidos em sistemas intensivos de criação, pois nestes a deposição de gordura possui um percentual mais elevado que as de peixes de captura (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006). Os óleos obtidos no processo são misturados. A mistura é centrifugada à uma temperatura de 80^0C (VIDOTTI, 2006 apud MATINS, 2012).

Os dados relatados por Vidotti e Gonçalves (2016) levam em consideração a quantidade de óleo depositado na carcaça da tilápia. Segundo esses autores, a quantidade de farinha e óleo depende de fatores. O tamanho do peixe e o sistema de produção são os fatores que mais influem no resultado final. Tilápias com massa corporal de 650g a 800g geram biomassa com baixo percentual de gorduras. No entanto, considerando animais com peso acima de 800g, a deposição de gordura é bem maior, o que favorece a produção de farinha e óleo (VIDOTTI; BORINI, 2006).

De um modo geral, tomando um balanço de processo com digestores, o processamento de resíduos com tilápias de aproximadamente 800 g produz aproximadamente 85% de farinha e 15% de óleo. Em peixes que têm massa superior a 800g, o percentual de resíduos pode chegar a 70% de farinha e 30% de óleo (VIDOTTI; 2001). Uma unidade de beneficiamento de resíduos é apresentada na Figura 9.

Figura 9 - Unidade de Beneficiamento de resíduos de tilápia



Fonte: Vidotti e Gonçalves (2016).

O digestor utilizado no beneficiamento do óleo de resíduos de pescados tem como base a sua utilização no aproveitamento de resíduos oriundos de abatedores de carnes (FERROLI et al.,2000). Estes sistemas compreendem a peça principal de uma unidade de beneficiamento de resíduos. No entanto, assim como observado na Figura 9, a montagem de uma unidade utilizando-se de digestores requer uma série de outros equipamentos (VIDOTTI, 2016). Dentre eles podem ser destacados: (i) caldeira a vapor, (ii) centrífuga industrial, (iii) prensa industrial, (iv) secadores industriais, (v) tanques, etc. Além desses, necessita-se de outros instrumentos, tanques, válvulas e acessórios. Desta forma, a utilização de plantas que utilizem da tecnologia com digestores não se enquadram a pequenos produtores. Na Figura 10 é apresentado um digestor.

Figura 10 - Foto de Digestor

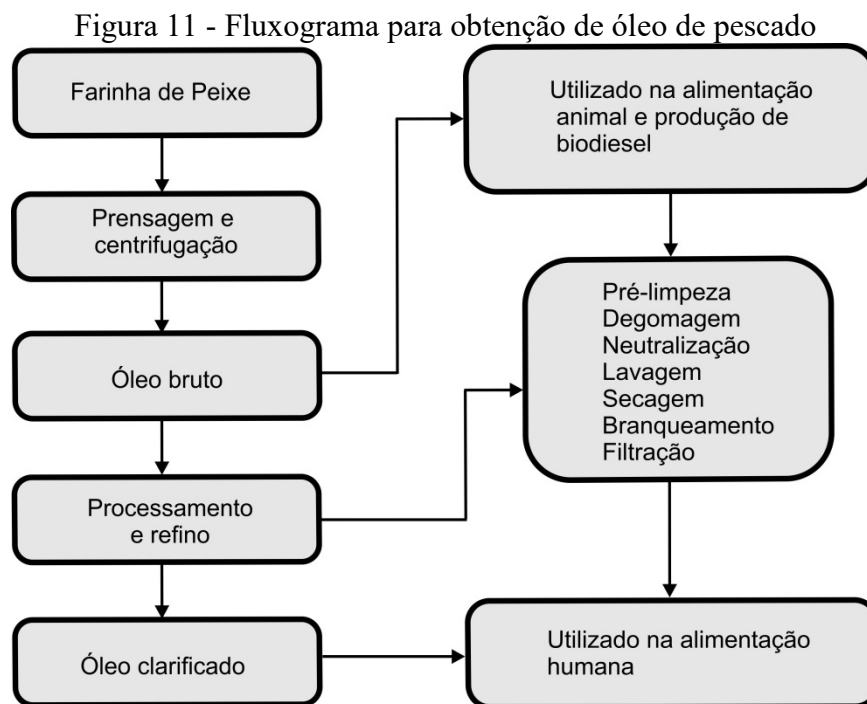


Fonte: Ferroli et al. (2000).

2.4.2 Óleo de Pescados

O óleo extraído de rejeitos de pescados é obtido, industrialmente, por sistemas tipo digestores. Ainda de acordo com o RIISPOA (Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal), define-se como óleo de peixe com características líquidas, aquele obtido pelo tratamento de matérias primas pela cocção a vapor, separado por decantação ou centrifugação e filtração. Suas características visuais devem apresentar uma coloração amarelo-claro ou amarelo âmbar, com aceitação de pequena turvação, 10% de umidade, 3% de acidez em ácido oléico e não possuir misturas de outros óleos animais ou vegetais (BRASIL 1952 apud LIMA, 2013).

Esse produto trata-se de um subproduto obtido no processo de produção de farinha de pescados. Sendo ele bastante utilizado como fonte de matéria-prima para o preparo de cosméticos, tintas, vernizes, detergentes e biodiesel (WINDSON, 2001; BOSCOLO, 2007 apud MARTINS, 2012; LIMA, 2013). O processo de extração do óleo a partir da farinha de pescados é mostrado na Figura 11.



Fonte: Adaptado de Morais et al. (2001 apud LIMA, 2013).

A obtenção do óleo oriundo do digestor decorre das etapas de cozimento e prensagem da massa que foi alocada no equipamento. Durante o processo, as proteínas dos resíduos são coaguladas e com isso, parte da água é removida por evaporação. O óleo é liberado

da massa cozida após a separação da parte proteica. A massa com material é removida do digestor, prensada, e assim ocorre a remoção do restante de água e óleo ainda presente no material que irá produzir a farinha. Essa água juntamente com óleo produz o *liquor*. Este é enviado a uma centrífuga para que seja realizada a separação da água e do óleo (LIMA, 2013 apud PITTIGLIANI, 2014). Por fim, o óleo extraído é oriundo da grande fração que se solta da parte protéica e a fração que foi retirada da compactação da torta de farinha. O óleo obtido nesse processo é chamado de óleo bruto (usado em ração animal e biodiesel (MARTINS, 2012; LIMA, 2013).

No Brasil, a tecnologia que prevalece no beneficiamento de resíduos de pescados foi obtida a partir da adequação de digestores que foram desenvolvidos inicialmente para processar resíduos de aves e bovinos. A qualidade do óleo destinado ao consumo humano ainda é considerada inadequada (LIMA 2013).

Diante das considerações expostas até aqui, pode-se observar que a quantidade e qualidade do óleo está vinculada a diversos fatores, tais como: (i) tamanho o pescado, (ii) tipo de produção, (iii) higienização da unidade, dentre outros. E, fora isso, a tecnologia relatada em trabalhos aprofundados (MARTINS, 2012; LIMA, 2013; PITTIGLIANI, 2014), não foi desenvolvida para o beneficiamento de resíduos de pescados. Desta forma, a necessidade de novos desenvolvimentos tecnológicos que possam abranger o reaproveitamento de resíduos e a tecnologia instalada em pequenos centros produtores é hoje um dos grandes desafios a ser enfrentado no âmbito da tecnologia.

2.4.3 Silagem de Pescado

Os romanos foram os primeiros a utilizar os resíduos de pescados em algo semelhante ao que hoje chamamos de silagem. Na época, 525 a.C, eles produziam um molho de peixe espesso conhecido como *garum*. Tratava-se de uma mistura à base de guelras e vísceras de uma grande variedade de peixes, acondicionadas em recipientes lacrados (MANDELLI, 1972). A decantação do licor deixava um resíduo o qual chamavam de *alec*. Ao *alec* era adicionado mais resíduos de peixes e salmoura para produzir uma substância semi-sólida, chamada de *putrilage*. Ambos os processados se tornaram iguarias e eram enviados ao Império Romano.

A primeira metodologia desenvolvida para a elaboração de silagem conta da década de 1920. Esse procedimento foi desenvolvido pelo professor A.I. Virtanen, nascido na Finlândia. Em 1936, a Suécia passou a produzir silagem de pescados. Nesta época utilizava-se

misturas de ácido sulfúrico, clorídrico e melado. Na década de 40 a silagem passou a ser produzida no Canadá (FREEMAN; HOOGLAND, 1956), Reino Unido (TOTTERSON; WINDSOR, 1974). No entanto, somente na Dinamarca, Polônia e Noruega o processamento de silagem alcançou uma escala comercial (DISNEY et al., 1979).

A silagem de pescado é definida como um produto gerado a partir de resíduos inteiros ou partes de pescados. O processo é obtido pela adição de ácidos, enzimas ou bactérias que possam produzir ácido láctico (RIVERO; VIANA, 1996; HASSAN; HEATH, 1987; VIZCARRA- MAGANÃ et al., 1999; ZAHAR et al., 2002 apud ARRUDA, 2004). A produção da silagem consiste praticamente em triturar o rejeito de pescados e acidificar o PH do meio. Neste processo, o ácido libera as enzimas próprias dos tecidos e estas liquefazem os resíduos triturados (VIDOTTI, 2016). A tecnologia de silagem é bastante simplificada, não sendo necessária a utilização de maquinários específicos ao processamento. Ainda segundo Vidotti (2016), o produto não gera odores desagradáveis que possam poluir o ambiente e não atrai moscas. Vários pesquisadores ao longo das décadas realizaram pesquisas na produção de silagem.

Quando da utilização do método químico para preparo da silagem, a escolha do reagente de preservação se situa entre o ácido mineral, a mistura de ácidos, ácidos orgânicos ou a mistura de inorgânicos e orgânicos. Sendo que os ácidos inorgânicos, assim como o ácido fórmico, são mais onerosos. No entanto, produzem silagens que não exigem neutralização antes do uso (KOMPIANG, 1981). Ácido de baixo custo como o hidróclorídrico e ácido sulfúrico podem ser utilizados em proporções adequadas, sendo que são de baixo custo (ESPINDOLA FILHO, 1997, OETTERER, 1999).

No que se refere à produção em grande escala, o ideal é realizar certos cuidados afim de que ocorra o sucesso na produção de silagem. O material deve ser bem picado e misturado para evitar acúmulo de partes sem tratamento. O ideal é que o material seja triturado a um diâmetro de 3,0 a 4,0 mm. Na produção, o ácido irá atuar na conservação da massa pastosa e a mistura irá evitar que porções entrem em putrefação pela ação de bactérias. A temperatura ideal na produção é de 20°C (MAIA et al., 2013).

No que tange à produção de silagem, devido a necessidade de busca de novas fontes protéicas de origem animal em dietas balanceadas para peixes, essa surge como uma alternativa à utilização de farinha de pescado (FURUYA, 2000; FURUYA et al., 2001; CHONG et al., 2002; FONTAINHA – FERNANDES et al., 1999; GUZMÁN; VIANA, 1988; PORTZ, 2001a; STONE et al., 2000).

Caso seja utilizado como fonte de alimentação, a silagem possui um alto valor nutricional, pois durante o seu processo produtivo, é conservada sua qualidade protéica, em especial de aminoácidos, tais como: a lisina, a metionina e a cistina (COELLO et al., 2000, VIDOTTI et al., 2003, VIDOTTI, 2001).

De acordo com Oetterer (2002), o aproveitamento do resíduo deve ser processado de imediato. Assim, o material deve ser direcionado ao processamento para silagem logo depois de retirado das mesas de processamento de pescados.

Segundo Reece (1980), nas silagens de pescados os lipídios podem ser hidrolisados a ácidos graxos livres (AGL) pelas lipases. O aumento se deve em parte à liberação de ácidos graxos dos seus sais hidrossolúveis durante a acidificação. Um fluxograma de preparação de silagem é mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma de Obtenção de Silagem Química de Tilápia



Fonte: Arruda (2004).

O processo de produção de silagem à medida que foram encontrados melhores resultados de produtividade, condicionamento, recebeu denominações ao longo das décadas. Na Tabela 3 são listados os principais pesquisadores e as evoluções em suas pesquisas.

Tabela 3 - Nomenclatura das silagens de pescado

Denominação	Característica da Técnica	Autor
Silagem	Ação enzimática natural ou por ação de um fermento microbiano, sobre substrato de melaço.	Berttulo,E (1989)
Silagem	Ação enzimática controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Petersen, H. (1943); Tatterson; Windsor (1974);
Silagem ácida	Ação enzimática natural controlada pela redução de pH ao se agregar ácidos de enzimas exógenas de origem animal, vegetal ou microbiana.	Petersen (1943); Tatterson; Windsor (1974)
Hidrolisado Químico	Ação estrita de ácidos ou substancias alcalinas.	Sainglivier, M. (1985)
Hidrolisado Biológico	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas.	Bertullo, V.H (1970)
Hidrolisado Misto	Ação enzimática natural controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Sainglivier, M. (1985)
Autolisado	Ação de enzimas tissulares ou digestivas do pescado.	Sainglivier, M. (1985)
Heterolisado	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas.	Sainglivier, M. (1985)

Fonte: Maia et al. (2013).

Um dos grandes pontos que foram estudados ao longo dos anos foi a estabilidade oxidativa das silagens produzidas (RAA; GILDBERG, 1982; TETERSON; WINDSOR, 1974). O teor de lipídios poderá afetar de forma significativa a qualidade da silagem, pois os ácidos graxos que constituem o óleo de pescado possuem insaturações e estas, podem oxidar o produto (FAO 2003a apud ARRUDA, 2004).

De acordo com Disney e colaboradores (1977), o aumento do conteúdo dos ácidos graxos livres, indica que ocorreu a hidrólise dos glicerídeos, enquanto que as alterações oxidativas causavam o escurecimento do material. No trabalho de Haard et al. (1985), a silagem produzida a partir de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) necessitou de 36 a 48 horas para ser obtida. Foi observado a manutenção de componente lipídico prolongada a oxidação e que a fase proteica continuava a sofrer hidrólise.

Com isso, estudos realizados mostram que a retirada da fase lipídica durante a produção da silagem resultará em um produto com maior estabilidade oxidativa (DISNEY et al. 1977; HAARD et al., 1985; KOMPIANG, 1981; POTTER et al., 1979).

Uma vez que a fase lipídica corresponde à quantidade de óleo gerado no processo de silagem, a retirada deste subproduto servirá para aumentar a qualidade da silagem e ajudar na produção de óleo de pescados. No entanto, o elevado tempo de processamento na produção da silagem é um problema até mesmo para a estabilidade do próprio óleo (OLIVEIRA, 2015).

Alguns autores relatam o rendimento do óleo extraído no processo por silagem (OLIVEIRA, 2015; RAI et al., 2010). De acordo com Oliveira (2015), o rendimento máximo obtido no processo de silagem foi de 76,88% de óleo bruto (silagem de víscera), 41,05% para silagem de cabeças e 30,03% para silagens de carcaças. Porém, esses índices caíram consideravelmente, após a purificação, ficando em torno de 20%. Oliveira (2015) considerou o período máximo de estocagem da silagem sendo 28 dias.

Rai e colaboradores (2010) relatam que obtiveram um rendimento de 85% de óleo quando extraído de vísceras de peixes frescos. Porém, os autores relatam que a qualidade do óleo necessita de um tratamento de refino adequado. Em Martins (2015), os resultados da extração seguida de prensagem foram inferiores aos encontrados por Oliveira (2015). No trabalho de Martins o rendimento de óleo quando se utilizou apenas vísceras foi de 22%, quando da utilização da cabeça, e misturado obteve-se um rendimento de 9,23%. As condições de testes para esta pesquisa foram bastante elevadas. No trabalho realizado, o autor utilizou uma temperatura de 110⁰C e um tempo de processamento de 90 minutos. No mesmo desejo de se obter com maior rendimento possível, Vidotti e Gonçalves (2016) utilizaram do emprego da cocção e da prensagem para produzir óleo com um rendimento de apenas 15%. Segura (2012) observou que alguns peixes de água doce como a truta arco-íris possui um rendimento de 42,53% em óleo enquanto que o pacu possui apenas 13,75%.

2.4.4 Compostagem de Pescados

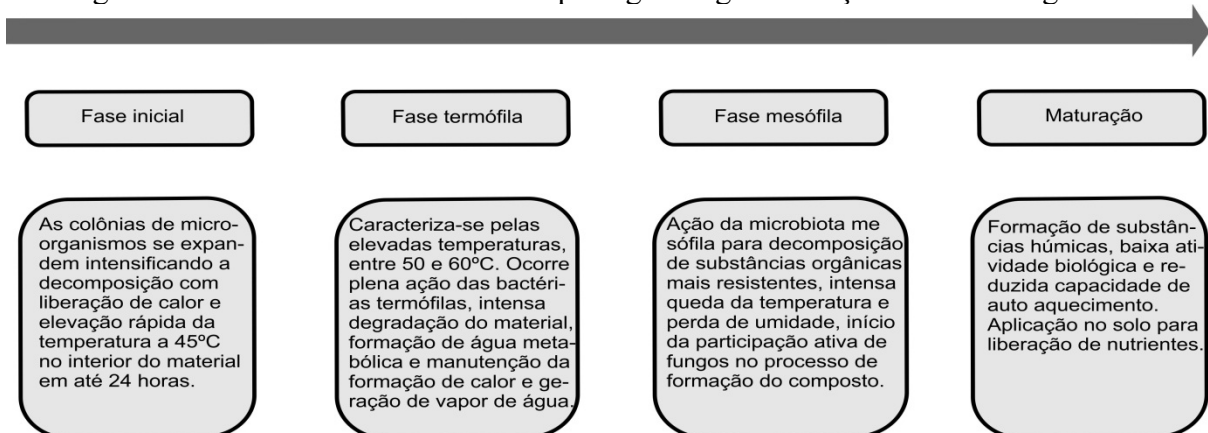
A literatura define a compostagem como um processo biológico, aeróbio, controlado, através do qual se é obtido um material orgânico umidificado conhecido como “composto orgânico” (VIDOTTI, 2016). Para tanto, a produção do composto é mediada por micro-organismos tais como fungos e bactérias (KUBITZA; CAMPOS, 2006; SOUZA et al., 2001). Neste processo, são considerados matérias-primas: sobras de alimentos, restos de frutas e verduras, resíduos orgânicos da agroindústria. Quanto à utilização destes restos de materiais quando se é realizada o manejo de forma correta, se tem ótimas condições para que seja obtida a estabilização dos componentes e que estes possam ser reutilizados como um fertilizante natural no qual não existam bactérias e parasitas (HAY, 1996, KIEHL, 1985).

A produção de compostagem requer a existência de quatro elementos: (i) fonte de carbono, (ii) material fermentativo, (iii) umidade e (iv) oxigênio. A fonte de elementos carbônicos é representada por elementos de origem vegetal com baixa umidade (seco). Como exemplo destes materiais podemos citar: pó de serra, bagaço de cana, palhas de cereais etc. A

escolha destes materiais deve levar em consideração sua abundância regional e a relação química (C/N). O material a ser decomposto, material fermentativo, é a principal fonte de nitrogênio no adubo orgânico. Na aquicultura o material a ser utilizado como fonte de material fermentativo são: peixes mortos, impróprios ao mercado (doentes), rejeitos do beneficiamento de pescados (vísceras, escamas, carcaças, peles). A água é utilizada como se fosse um catalisador do processo. O oxigênio é obtido com o revolvimento da matéria posta para fermentar e é necessário que seja mantido em ambiente ideal ao trabalho dos micro-organismos aeróbicos (LIMA, 2013; VIDOTTI; GONÇALVES, 2016; VALENTE et al., 2009; VALENTE, 2013; PILOTTO, 2014; BIDONE, 2001).

De acordo com Kiehl e colaboradores (2004), a compostagem é um processo controlado no qual ocorre uma decomposição causada por micro-organismos no qual ocorre a oxidação e oxigenação da massa heterogênea no estado sólido ou líquido. Segundo o autor, inicialmente ocorre uma fase rápida de fitotoxicidade seguida de uma fase de bioestabilização e finalmente a terceira fase, em que ocorre a humidificação ou maturação. É nesta última fase que ocorre a mineração de determinados componentes orgânicos como N, P, Ca e Mg, que passam da fase orgânica para a fase inorgânica, ficando disponíveis em solo para serem utilizados pelas plantas (KIEHL, 1985 apud PILOTTO, 2014). Na Figura 13 é mostrada a sequência de fases e fenômenos que ocorre em cada uma.

Figura 13 - Fases do Processo de Compostagem segundo a ação de micro-organismo



Fonte: Inácio e Miller (2009).

A produção em escalas que fogem a estas laboratoriais é realizada em composteiras. De acordo com Lima (2013), as composteiras são simples e exigem baixo custo. Segundo o autor, uma estrutura simples consiste em construir um recipiente no qual a matéria orgânica será depositada durante o período de compostagem. Fountain et al. (2005) propõe a utilização

de composteiras feitas com caixas de madeiras. No entanto, essas seriam empregadas na produção de compostagem em escalas reduzidas. Na Figura 14 (a e b) é apresentada a configuração de composteira simples construída em madeira.

Figura 14 - Composteira construída em madeira



Fonte: Vidotti (2006).

Lima (2013) e Valente et al. (2014) relatam que unidades em alvenarias podem ser empregadas na produção de compostagem em maior escala. O interessante desta configuração é o fato da manutenção da estrutura quanto à sua resistência estrutural. Na Figura 15 é apresentada a configuração de uma estrutura em alvenaria.

Figura 15 - Composteira construída em alvenaria



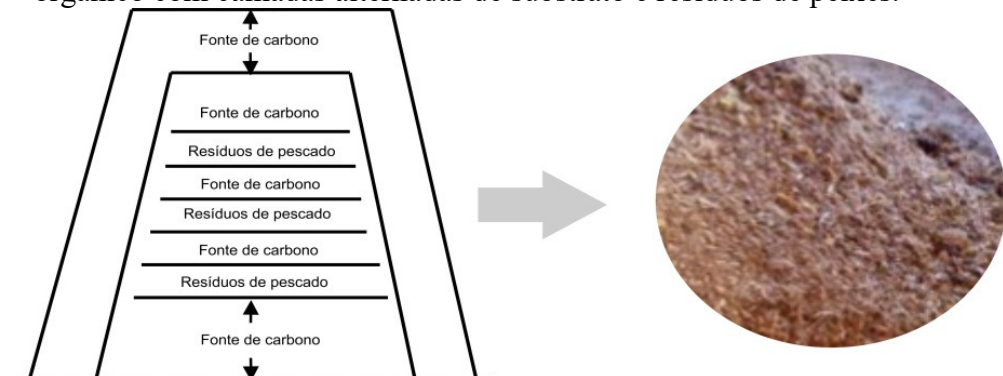
Fonte: Lima (2013).

Mady (2000) alerta para alguns cuidados a serem tomados na implantação de uma composteira. Segundo o autor, deve-se observar locais possíveis de alagamentos, condições não favoráveis de escoamento de água da chuva, regiões próximas a povoados ou alguma unidade de processamento de alimentos, pois nos primeiros dias poderá haver a ocorrência de insetos atraídos pela liberação de odor liberado pela decomposição do material orgânico. De acordo com Fernandes Júnior et al. (2009) existem poucos estudos que detalhem a transformação de resíduos de pescados em fertilizantes. Porém, Feltes et al. (2010) em seus estudos, relata que por ser uma fonte rica em aminoácidos e nutrientes, os resíduos de pescados apresentam potencial para desempenhar importante potencial na adubação orgânica. Outros trabalhos demonstram que o processo de compostagem é uma ferramenta tecnológica de tratamento de resíduos, sendo utilizada para as mais diversas fontes orgânicas (LIAO et al., 1995; LAOS et al., 2002; GUO et al., 2012). Em seu trabalho, AN et al. (2012) enfatiza os conceitos de Feltes et al. (2010) e mostra que os resíduos orgânicos possuem uma grande variabilidade nas suas propriedades físico-químicas determinando com isso, sua potencialidade no processo de compostagem.

Para que seja utilizada como fertilizante, a compostagem necessita que sua composição seja compatível com adubos químicos comercializados no mercado. Alguns trabalhos relatam que cada matéria orgânica ao ser processada em composteiras deverá ser adicionada a outros materiais que venham ocasionar maiores fontes de carbono ou nitrogênio (DROZD et al., 1997; LIANG et al., 2004; VALENTE et al., 2014). Vidotti (2016) demonstrou isso em seus trabalhos com resíduos de tilápia utiliza palha de arroz, milho, dentre outros.

Lima (2013) descreve o processo produzido por Vidotti (2009). Neste processo o autor explica que a disposição entre as camadas de fontes de nitrogênio e carbono deve ser realizada alternadamente obedecendo uma relação média de carbono/ nitrogênio 10/1. Na Figura 16 é apresentada uma demonstração de empilhamento de leiras de compostagem.

Figura 16 - Decomposição de fontes de nitrogênio e carbono em compostagem de resíduos de peixes. Esquema para alternância entre os materiais orgânicos e exemplo de leira de composto orgânico com camadas alternadas de substrato e resíduos de peixes.



Fonte: Kelleher (2006).

Em seu trabalho envolvendo compostagem oriunda de biomassa da produção de suínos, Pra et al. (2009) relata que o valor da tonelada vendida ao final do processo ficou em torno de R\$ 300,00. Com isso, o valor do Kg de produto gerado ficou na casa de R\$ 0,30. Guse et al. (2012) relata a experiência da implantação de uma cooperativa que recolhe os resíduos industriais na região. Ao fim do processo de compostagem, eles obtêm um adubo líquido no qual o valor do metro cúbico é vendido por R\$ 50,00.

No que tange a avaliação da produção em escalas maiores de compostagem a partir de resíduos da produção de pescados, poucos trabalhos são relatados. Rosa (2009) relata em seu trabalho uma avaliação integral dos resíduos da filetagem de tilápia. A autora implanta um sistema de beneficiamento para o processamento de 200 Kg de tilápia por dia. Esse estudo foi realizado tomando como base o aproveitamento dos resíduos para produção de silagem, quibe e compostagem. Sendo que o custo para a produção de compostagem foi da ordem de R\$ 0,07 por Kg. No entanto, no trabalho não foi discutido a rentabilidade de processos isolados, pois o desenvolvimento do sistema de beneficiamento utilizava a carcaça inteira gerada da filetagem. O sistema desenvolvido pode ser considerado como uma técnica a ser implantada em pequenos estabelecimentos. Não se teve um diagnóstico industrial de grande porte. Além disso, levando em conta a baixa produtividade, o estudo não levou em consideração os impostos que podem ser sobrepostos a comercialização do produto. O valor de venda do produto foi estimado em R\$ 0,10 centavos por Kg.

Com isso, tomado o potencial da produção desse produto e buscando o aproveitamento da biomassa de pescados, um estudo mais aprofundado em termos de tecnologia, capacitação e viabilidade econômica torna-se necessário, uma vez que as inovações

de possibilidades industriais podem abranger zonas produtivas do pescado e serem beneficiados com tecnologias acessíveis em custos e aplicabilidade.

É necessário um estudo de desenvolvimento de tecnologia que venha a ser implantada e instalada em locais produtivos de pescados, contanto que essa tecnologia seja testada, validada e comprovado economicamente o seu potencial de produção e geração de valores aos produtores de pescados.

Após demonstrado nos levantamentos expostos, o trabalho a ser desenvolvido tem como objetivo principal, o desenvolvimento de uma unidade destinada ao aproveitamento do óleo extraído de vísceras de peixes para a cadeia produtiva de biodiesel. Além disso, buscar avaliar o potencial econômico da transformação da borra em adubos orgânicos.

2.4.5 Produção de biogás utilizando os resíduos de pescados

A utilização dos rejeitos verificados na produção em sistemas intensivos (piscicultura) tem por objetivo transformar os descartes da produção em fontes de energia ou alimentação. Soethe (2014) realizou trabalho no qual utilizou as vísceras de tilápia como fonte de geração de biogás. Em seu trabalho, as vísceras de tilápia foram trituradas e postas para fermentar por um período de 56 dias. Como elemento de co-digestão, foi utilizado dejetos de suínos. Ao fim dos experimentos foi relatada uma concentração de 88,72% em metano (CH_4) nos gases produzidos. Na Figura 17 é apresentado a produção experimental do biogás.

Figura 17 - Comprovação da produção de CH_4 em diferentes tratamentos



Fonte: Soethe (2014).

Em trabalho realizado por Machado et al. (2013), foi realizado ensaios de compostagem com resíduos não apenas das vísceras de pescados como também da matéria

orgânica produzida durante o processo de produção intensiva da tilápia. Neste trabalho, o material foi direcionado aos tanques de biogás oriundos da biomassa remanescente dos tanques de criação. Com isso, a matéria orgânica de animais mortos, restos de excreção e ração foram bobeados em tanques de maneira a produzir CH₄. Os autores enfatizam que a média diária de gás foi da ordem de 18,34 cm³ por litro e que o volume diário em um biodigestor seria de 36.680,00 cm³ de gás. Com isso, a produção de biogás tornou-se viável.

O aproveitamento da matéria orgânica tem por base a redução da poluição do meio ambiente. De acordo com a NBR 10004/2005 da ABNT, os restos de pescados se enquadram como resíduos patogênicos por deter grau de contaminação física, química ou infectocontagiosas.

2.4.6 Biodiesel de óleo de pescados

O Brasil, em virtude de sua grande extensão territorial, é um país com grande potencial para exploração da produção de biomassa para fins de biodiesel (FELTES et al., 2010). Os alimentos provenientes de origem marinhas constituem-se em uma fonte rica de ácidos graxos (FAO, 2007). O óleo oriundo de pescados é composto de uma variedade de ácidos graxos (saturados, mono e poli-insaturados (MAIA JUNIOR; SALES, 2013).

De acordo com estudos de Gustine et al. (1994) o óleo de peixe, devido a seu potencial lipídico, apresenta grande potencial para ser utilizado como substrato para produção de biodiesel. Sua utilização também tem sido testada como óleo hidráulico em trabalhos desenvolvidos por Christensen e Bimbo (1996). Neste trabalho os pesquisadores utilizaram óleo obtido de peixes marinhos. Os relatos demonstram que o óleo apresenta ótimas características lubrificantes. Em relatos de Wang et al. (2008), o óleo de peixes foi utilizado como elemento de queima em caldeiras e aquecedores. Em seu trabalho, os pesquisadores atentam para o baixo nível de emissão de NO_x. Lin e Li (2008) trabalharam na produção de biodiesel utilizando óleo e vestígios encontrado na borra (Soapstock) de óleos extraídos de peixes marinhos. Neste trabalho, de cada 1000g de borra foram produzidos 289g de biodiesel. Um rendimento de quase 29%. Todas as etapas foram desenvolvidas apenas em caráter laboratorial. Em 2009, os mesmos autores avaliaram o potencial de queima do biodiesel de óleo de peixes marinhos.

Em trabalhos desenvolvidos por Meier et al. (2009) e Madureira et al. (2010), o óleo de peixe foi utilizado como matéria-prima para testes de pirólise. O objetivo era encontrar frações de hidrocarbonetos. Em trabalho de revisão literária, Hawboldt et al. (2012) relata a importância de estudos envolvendo o processo de pirólise como rota produtiva de bio-óleo.

Hassen - Trabelsi et al. (2015) realizaram estudos de pirólise utilizando somente o óleo de vísceras de peixes. Foi verificada a existência de álcoois e alcanos como produto do processo.

A utilização de bio-óleo como aditivo em diesel, em motor de 4,5 kW e 1500 rpm, foi testada por Varuvel et al. (2012). Segundo os pesquisadores o aditivo de bio-óleo ao diesel reduz o efeito da emissão de NOx em motores. Godiganur et al. (2010) já tinham realizado trabalho semelhante ao de Varuvel. No entanto, ao invés de usar bio-óleo, os pesquisadores avaliaram o comportamento do biodiesel de peixes. Ushakov e colaboradores (2013) avaliaram o uso direto de óleo de peixe em motor diesel, mostrando que mesmo não convergido em biodiesel, os autores relataram que o óleo possui bom poder de queima e diferenças na emissão de CO₂ e NOx. Wu et al. (2014) realizaram testes de produção de biodiesel com óleo de peixe marinha da espécie Cavala de modo a medir os mesmos parâmetros estudados por Ushakov e colaboradores. Garcia- Moreno et al. (2014) buscaram otimizar a produção de biodiesel utilizando relações estequiométricas adequadas de seus reagentes e catalizador homogêneo. No entanto, a contribuição dos autores está relacionada apenas a otimização destes materiais.

O maior problema relacionado a extração e qualidade do óleo de peixe é o aumento de sua acidez. Uma vez que este possui um elevado teor de água, poderá ocorrer atividade enzimática, favorecendo assim a hidrólise de triacilgliceróis liberando ácidos graxos no meio (MARTINS, 2012; RODRIGUES et al, 2017). Isso poderá ser evitado através de uma etapa preliminar na extração de esterilização (SEIBEL; SOARES, 2003). O óleo obtido possui baixos níveis de acidez (PIMENTA, et al., 2008).

De acordo com Martins (2012), índice de acidez é uma análise bastante importante para o óleo ou biodiesel, uma vez que o aumento deste dificulta a reação de produção. Levantamentos do Instituto Adolfo Lutz (2008) relatam que a determinação do índice de acidez fornece um dado muito importante em relação a qualidade do óleo produzido e estocado. Para corrigir a acidez é utilizado o processo de neutralização. A etapa do processo de refino consiste na adição de uma solução alcalina, geralmente NaOH, ao óleo ainda bruto. Cuidados devem ser tomados na adição da solução, pois o excesso de solução poderá provocar reações de saponificação (O'BRIEN, 2009).

Pesquisas envolvendo a produção de biodiesel a partir do óleo extraído de resíduos de pescados são relatados na Literatura. Dias (2009) utiliza o óleo extraído das vísceras de tilápia do Nilo para este fim. No trabalho desenvolvido pelo autor foram realizados ensaios de cocção, extração e purificação do óleo. No entanto, todo o desenvolvimento foi realizado em condições ótimas de produção. O óleo foi extraído de vísceras selecionadas com rendimento de 40-50%. Neste trabalho não foram realizados estudos que comprovassem a viabilidade

econômica da extração do material produzido. Sakthivel et al. (2014) realizaram ensaios da qualidade em termos de combustão no biodiesel etílico obtido de óleos de peixes. Com isso foi comprovado sua eficácia como um substituto ao diesel de petróleo.

Estudos de estabilidade e sensibilidade do biodiesel de peixes foram avaliados por Schiewer e Horel (2011). Em seus levantamentos foi analisado o impacto causado pela poluição de biodiesel de peixes no solo. O interesse foi de verificar o impacto ocasionado pelo biodiesel em regiões do Alaska. Levantamentos realizados em 2012 pelos mesmos autores confrontaram o efeito do diesel, hidrocarbonetos e biodiesel de peixe na degradação do solo. No qual relatam uma alta degradação por hidrocarbonetos.

Fadhil et al. (2015) realizaram ensaios de produtividade utilizando óleo extraído de resíduos de carpas. Em seus estudos, diferentemente de outras pesquisas, foram estimados parâmetros reacionais que caracterizaram a reação como sendo de primeira ordem com uma energia de ativação de 32,46 kJ/mol. Fadhil e Ali (2013) estudaram a otimização das reações promovidas por catálise alcalina de peixes da espécie *Silurus Triotegus*, mostrando a versatilidade e potencialidade das várias espécies de pescados como fonte de matéria-prima para biodiesel. Sendo que a utilização de uso do biodiesel pode reduzir em até 44% e emissão de poluentes em motores a diesel (LIN; HUANG, 2012). Lee et al. (2013) em seus trabalhos relatam processo de otimização da produção em laboratório do biodiesel produzido do óleo de peixes. Eles afirmam que o tempo ótimo necessário a produção seria de 120 minutos. Para este caso, o biodiesel produzido teve um calor de combustão de 42,1 MJ/k.

Dias e colaboradores (2013) utilizaram óleo industrial em conserva para testes de produção de biodiesel. No entanto, diferentemente dos demais pesquisadores, eles realizaram uma esterificação com ácido sulfúrico em uma proporção de 1 a 3% em massa. Almeida et al. (2015) realizaram ensaios utilizando óleos residuais em mistura com óleo de peixe. Sila et al. (2015) avaliaram o potencial do óleo obtido por silagem química de rejeitos de pescados com rendimento em óleo de 42,8% (m/m). Os autores afirmam que a alta acidez do óleo é proveniente de processos enzimáticos que ocorre com o material. Com isso, o óleo fica inadequado para produção de biodiesel, só sendo possível seu beneficiamento com ajustes. Para tanto utilizaram como antioxidante o alfa tacofenol. Voort et al. (2009) em meio às pesquisas envolvendo a utilização de óleo de peixes para produção de biodiesel desenvolveu uma metodologia utilizando transformadas de Fourier para determinação à conversão do óleo em ésteres metílicos.

Martins (2012) realizou ensaios de produção de biodiesel a partir de restos (carcaças, cabeças, peles, vísceras) de tilápia. No procedimento, o pesquisador utilizou processo

de cocção, a altas temperaturas seguida de prensagem e secagem em estufa. Os rendimentos avaliados em seu estudo revelaram uma baixa produtividade em óleo, 22% obtido das vísceras e 6,12% da mistura de resíduos. No trabalho desenvolvido por Martins não foi verificado a existência de aparatos que fossem destinados especificamente a extração do óleo. Na Figura 18 é apresentado o sistema utilizado para extração por prensagem utilizado pelo autor.

Figura 18 - Mecanismo utilizado para remoção do óleo dos rejeitos de Pescados



Fonte: Martins (2012).

No entanto, equipamentos que possam ser utilizados de modo a beneficiar os rejeitos não são encontrados facilmente na literatura. Alguns possuem uma atribuição destinada a grandes produtores (LIMA, 2013). Com isso, muita matéria de biomassa que possua potencial de beneficiamento acaba sendo jogada para aterros ou lixões.

Essa tendência de utilização de rejeitos de pescados é hoje uma busca por vários países. Ghobadian et al. (2013) descreve a utilização do óleo extraído das do rejeito de pescados como uma alternativa a combustíveis derivados de petróleo no Iram. Em seu trabalho, o pesquisador relata a extração do óleo em um sistema o qual processou 7Kg de rejeitos de pescados e extraiu 0,768 g de óleo. Com isso, ele obteve aproximadamente 11% de óleo. Na Figura 19 é apresentado o sistema utilizado na pesquisa desenvolvida no trabalho de Ghobadian et al. (2013).

Figura 19 - Sistema destinado a extração de óleo de resíduos de peixes



Fonte: Ghobadian et al. (2013).

Assim, como em outros trabalhos observados, por exemplo Takara et al., (2015) e Martins et al., (2015), o sistema desenvolvido trata-se de um aparato que não apresenta uma especificidade do material a ser processado. O autor não comenta sobre a viabilidade econômica do potencial da matéria-prima a ser utilizada. Estes sistemas, em sua implantação e desenvolvimento, não levam em consideração a capacidade produtiva, custos de instalação e local de instalação. Sendo assim, após os levantamentos apresentados, o que podemos verificar é que a utilização do óleo de peixe, seja como derivado de petróleo ou seu uso como biodiesel, já é uma realidade comprovada. No entanto, estudos que venham a demonstrar que a utilização desta matéria-prima é algo viável não foram aprofundados na literatura. Além disso, não foi verificado a existência de equipamentos que possuam capacidade de produzir em escalas maiores o óleo que poderá ser utilizado na produção de biodiesel. Existem processos sofisticados que abrangem a extração do óleo (ADEOTI; HAWBOLDT, 2014) não apenas para a produção de biodiesel, mas também como fonte de consumo humano.

No Brasil, por ser um país com enormes zonas destinadas a aquicultura, existem regiões nas quais os rejeitos da evisceração de pescados são jogados fora sem qualquer tratamento ou beneficiamento (DIAS, 2009). Em contrapartida, as unidades produtoras de biodiesel processam durante o dia milhares de toneladas de óleo oriundo das mais diversas fontes (MOTA, 2011). A procura pela diversificação das fontes de matéria-prima tem como ponto positivo o fato de que rejeitos com potencial de gerar óleo passe a ser enquadrado como uma fonte geradora de renda. Com isso, o surgimento de pontos de beneficiamento de rejeitos, podem ocasionar uma nova fonte de matéria-prima e, ao mesmo tempo, reduzir impactos ambientais causados pela piscicultura, gerar empregos e renda, favorecendo assim os pequenos produtores. Assim, o fechamento de uma cadeia no qual, em um dos lados encontra-se um consumidor e na outra uma fonte contínua de matéria-prima fortalecerá ambas as cadeias produtoras. E, uma vez que em um território tão extenso como o nosso, existem zonas produtoras de pescados com forte potencial produtivo de óleo, o desenvolvimento de um

sistema de baixo custo, com potencial de extração e que não exija mão de obra com elevada capacitação favorecerá a geração de empregos e renda.

Desta forma, e depois de todos os levantamentos, observa-se que o desenvolvimento de um sistema que seja viável destinado à extração de óleo de rejeitos de pescados, é hoje uma necessidade na qual, tanto as grandes unidades de produção de biodiesel, quanto os pequenos produtores de pescados, necessitam. No entanto, um sistema com este propósito deverá atender a pequenos produtores e sua viabilidade econômica deverá ser comprovada. Com isso, ambos poderão se beneficiar, pois, devido a política do selo social, as grandes unidades de beneficiamento de óleo em biodiesel deverão adquirir parte de sua matéria-prima de pequenos produtores rurais (LIMA, 2013).

2.5 Visão Geral da Produção de Biodiesel

2.5.1 Definição de Biodiesel

Biodiesel é um combustível obtido a partir de matérias primas vegetais ou animais. As vegetais como o próprio nome enfatiza, representam óleos vegetais tais como soja, momona, canola, palma, girassol, entre outras e os de origem animal são obtidos do sebo bovino, suínos e aves (FREEDMAN et al., 1989 apud MOTA, 2011). Quimicamente o biodiesel é definido como ésteres de ácidos graxos. Os ácidos graxos que formam os triglicerídeos dos óleos e gorduras são predominantemente de número par, cadeia linear, ácidos monocarboxílicos alifáticos com cadeias que vão desde os quatro até a 24 átomos de carbono ($C_4 - C_{24}$) (RASHID et al., 2008; DIAS et al., 2009).

A ANP (2012) define o biodiesel como sendo um composto de alquil ésteres carboxílicos de cadeia longa, produzidos a partir da transesterificação/esterificação de matérias graxas, de gorduras vegetal ou animal, e que venha a atender a especificação do regulamento técnico nº 4/2012.

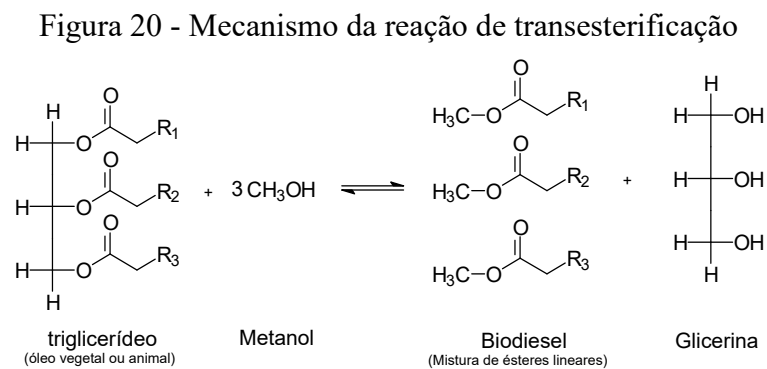
De acordo com Parente (2003), as características resultantes da reação de ácidos graxos com álcoois de cadeia curta possibilitam ao biodiesel obter certas propriedades químicas como, por exemplo, ser totalmente miscível em óleo diesel em quaisquer proporções. Essas propriedades possibilitam a utilização do biodiesel sem que sejam necessárias mudanças nos motores a diesel.

2.6 Rotas de produção de biodiesel

As rotas para produção de biodiesel tomam como base a acidez do óleo ou gordura animal. O produto final poderá ser obtido por alcoolize alcalina (transesterificação) ou esterificação ácida (MA; HANNA, 1999; GERIS et al., 2007, MOTA, 2011; MARTINS, 2012; LIMA, 2013; DIAS, 2015).

2.6.1 Transesterificação

A transesterificação (alcoólise alcalina) é um processo em que triacilglicerois (Triglicerídeos) reagem com alcoóis de cadeia curta (metanol, etanol e butanol) para formar ésteres e glicerina (MA; HANNA, 1999) (Figura 20).



Fonte: Ma e Hanna (1999).

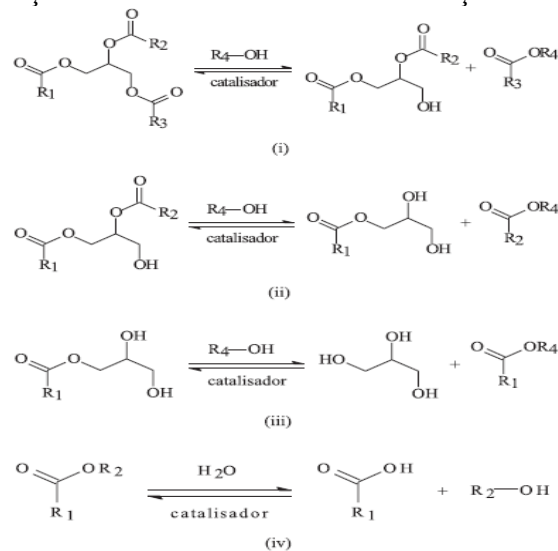
Segundo Krause (2008), as gorduras animais e o óleo vegetal são substâncias promissoras para uso na produção de biocombustíveis, pois possuem propriedades compatíveis com o diesel.

Geris (2007) descreve que a transesterificação é um termo geral usado para que se possa descrever reações no qual um éster possa ser transformado em outro através da troca do resíduo alcóxila. A utilização de metanol na transesterificação é geralmente preferida por razões econômicas e por razões relacionadas com o processo. O fato de o metanol ser mais barato que o etanol, isento de água e possuir uma cadeia mais curta e uma maior polaridade contribui de forma significativa para uma maior conversão do produto desejado. Esta última propriedade torna mais fácil a separação entre os ésteres e a glicerina e com isso, a utilização de menores equipamentos destinados à produção de biodiesel. A utilização de etanol pode ser bastante atrativa do ponto de vista ambiental, uma vez que esta matéria-prima pode ser produzida a partir

de uma fonte renovável e, ao contrário do metanol, não levanta tantas preocupações relacionadas com segurança ao ser manipulado. No entanto, a utilização de etanol implica que este esteja isento de água, assim como o óleo utilizado como matéria-prima apresente um baixo conteúdo de água, pois caso contrário a separação da glicerina será difícil (FREEDMAN, 1989; SHAY, 1993).

Segundo Freedman et al. (1989) a reação de transesterificação é composta de três reações consecutivas e reversíveis, nas quais são formados diglicerídeos e monoglicerídeos como intermediários (Figura 21).

Figura 21 - Reações envolvidas na transesterificação de triglicerídeos

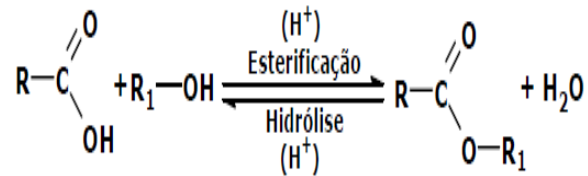


Fonte: Freedman et al.(1989).

2.6.2 Esterificação

A esterificação é o método mais comum e mais utilizado em processos industriais para obtenção de ésteres. É uma reação reversível de um ácido carboxílico com um álcool, em que ocorre eliminação de água. Reações de esterificação são exemplos clássicos de reações reversíveis; a reação inversa é conhecida como hidrólise (SOLOMONS; FRYLE, 2002). (Figura 22).

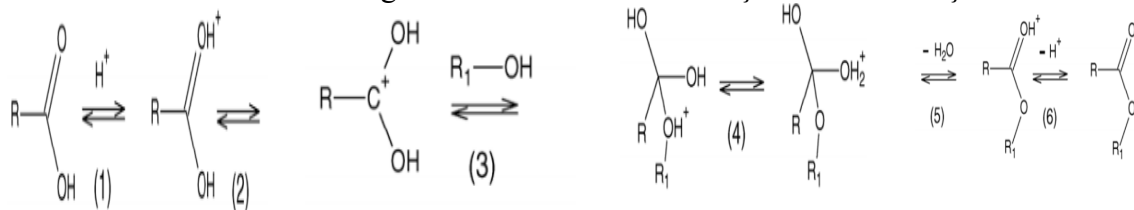
Figura 22 - Reação de esterificação



Fonte: Brito (2008).

Segundo Brito (2008) as reações de esterificação, em meio ácido, são facilitadas pelo aumento de temperatura e presença de catalisador. O mecanismo reacional é apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Mecanismo da reação de esterificação



Fonte: Brito (2008).

Os processos industriais operam com os reagentes: ácido orgânico, álcool e ácido mineral, em refluxo. Somente consegue-se terminar uma reação de esterificação com a retirada de um dos produtos. Este procedimento foi utilizado por Lucena et al. (2008), no qual a retirada da água, por adsorção, deslocou o equilíbrio reacional ocasionando uma conversão superior a 99% em ésteres.

2.7 Catalisadores homogêneos e heterogêneos

Os processos catalíticos em meio básico ou ácido geram muitos problemas aos equipamentos, ocasionando sérios danos de corrosão. Segundo Marchetti et al., (2007) e Kiss et al., (2006), para produção de biodiesel através da transesterificação, podem ser utilizados catalisadores homogêneos ou heterogêneos, sendo que diferentes catalisadores e diferentes tipos de alcoóis podem produzir quantidades diferentes de produtos indesejáveis, afetando a conversão e seletividade das reações.

Além da existência de efluentes líquidos, pois no processo além do éster, como produto principal é também produzido o glicerol, que será separado posteriormente e terá um destino diferente na indústria química, o catalisador básico ou ácido é separado por lavagens sucessivas para retirá-lo do meio reacional, ocasionando uma grande quantidade de efluentes líquidos. Para resolver este problema, atualmente são utilizados nos processos de produção de biodiesel, catalisadores heterogêneos, que apresentam as seguintes vantagens:

- a) facilidade de separação do catalisador do meio reacional após sua utilização;
- b) possibilidade de reaproveitamento do catalisador em várias reações;
- c) diminuição dos problemas de desgaste dos equipamentos e seus acessórios.

2.8 Impactos ambientais

Mota (2003) relata que os impactos ambientais são considerados como sendo a cadeia de efeitos que se produzem no meio natural e social, como as consequências de determinadas ações. Com isso, em uma visão ampla, o estudo da produção de biodiesel deve acima de tudo buscar entender como a cadeia produtiva pode vir a contribuir positivamente ou negativamente no meio ambiente.

A utilização do biodiesel como combustível apresenta uma série de fatores que o habilita como um ótimo substituto ao diesel de origem fóssil. A avaliação técnica realizada sobre o biodiesel não se limita apenas à redução de gases, pois sendo este produto um recurso renovável, os estudos dos impactos ambientais devem abranger a sua atuação no processo de melhorias de emissão de gases.

Análises descrevendo a utilização do biodiesel ou a sua mistura com diesel comercial, apresentam entre outros fatores (SHEEHAM et al., 1998; OLIVEIRA; COSTA, 1999; SCHARMER, 2001, GRABOSKI et al., 2003; FELIZARDO, 2003):

- a) Redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂);
- b) Redução das emissões de dióxido de enxofre (SO₂), uma vez que o biodiesel é um combustível que não contém enxofre em sua composição;
- c) Reduções significativas nas emissões de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs);
- d) Redução nas emissões de aldeídos, compensadas pelo aumento da emissão de acroleína;
- e) Redução das emissões de particulados.

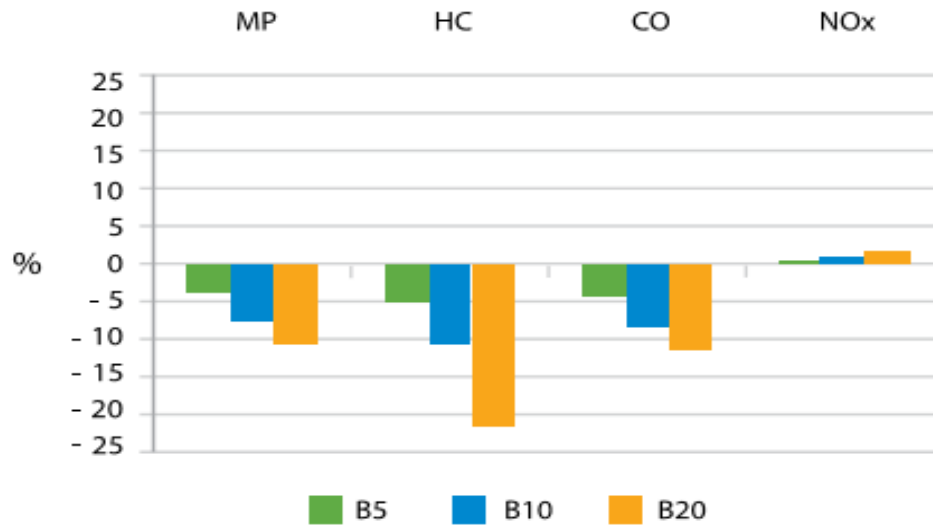
De acordo com estudos realizados por DeltaCO₂ (2013), a utilização de biodiesel de soja nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul contribuíram para que houvesse uma redução de aproximadamente 70% em relação aos parâmetros de emissões do diesel fóssil europeu.

Uma análise da utilização do biodiesel, do ponto de vista ambiental, mostra que as vantagens da sua utilização são muito significativas. A sua reduzida toxicidade, o fato de ser biodegradável, não conter enxofre e não aumentar a emissão de gases causadores do efeito de estufa são pontos que o tornam uma fonte renovável promissora (FELIZARDO, 2003).

De acordo com dados do Ministério da agricultura (2013), somando todo o biodiesel consumido no Brasil desde 2008, as emissões evitadas de GEE (Gases do Efeito Estufa) já chegam a 21,8 milhões de toneladas de CO₂eq., o equivalente ao plantio de quase 158 milhões de árvores (Figura 24). Atualmente, com o B5, estão sendo evitadas emissões de cerca de 5,2 milhões de toneladas de CO₂eq. por ano. O uso do B6 passaria a evitar cerca de 6,2 milhões de toneladas anuais de CO₂eq., enquanto que a introdução do B7 representaria 7,3 milhões de toneladas de emissões de CO₂eq. evitadas ao ano.

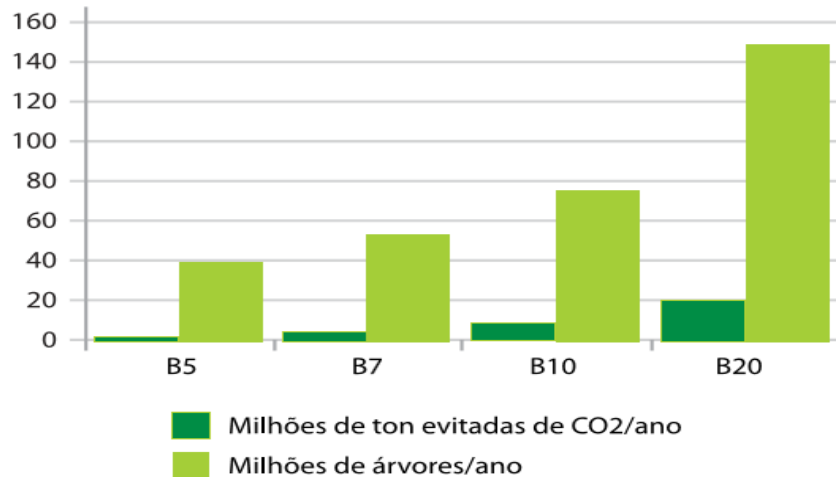
De acordo com dados da EPA (2002), Figura 25, a adição de biodiesel traz melhorias significativas nas emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e materiais particulados (MP), no entanto com um pequeno incremento nas emissões do óxido de nitrogênio (NO_x). O efeito é proporcional à quantidade de biodiesel adicionada. O uso do B5, por exemplo, reduz em 5% as emissões de HC e em 4% as emissões de CO e MP, mantendo as emissões de NO_x em níveis aceitáveis. Os estudos mostram que as reduções nas emissões diretas, em especial na emissão de hidrocarbonetos e materiais particulados, podem ser significativamente ampliadas com o aumento da mistura de biodiesel ao diesel mineral, tal como visto nos resultados para o B10 ou o B20.

Figura 24 - Emissões de GEE evitadas e equivalência me plantios de árvores por ano: Vigência de diferentes percentuais de mistura de biodiesel no diesel mineral



Fonte: Fonte: Minisfonte: Tério da Agricultura (2013).

Figura 25 - Efeito da Adição de biodiesel nas emissões diretas em motores de ciclo diesel



Fonte: Epa (2002).

Nota: MP: Materiais particulados; HC: Hidrocarbonetos; CO: Monóxido de carbono; NOx: Óxido de nitrogênio.

2.9 Produção de Oleaginosas no Brasil e no mundo

Com a necessidade de obter uma maior produção de biodiesel, as buscas por novas fontes vêm crescendo constantemente. Conceição e colaboradores (2005) destacavam na época

que várias oleaginosas eram utilizadas como matérias-primas para obtenção de biodiesel; entre elas: a mamona, o dendê, a colza, o babaçu e o girassol.

De acordo com dados da ANP (2015), a relação percentual de óleos utilizados na produção de biodiesel variou muito nos últimos anos. No entanto, a soja vem sendo a matéria prima mais utilizada para a produção de biodiesel. Na Tabela 4 é apresentada a relação de matérias primas utilizadas por região.

Tabela 4 - Percentual das Matérias-primas utilizadas para Produção de Biodiesel por Região

Matéria -Prima	Região do Brasil				
	Norte	Nordeste	Centro- Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de Soja	100,00%	53,93%	83,30%	36,27%	63,58%
Gordura Bovina		21,55%	13,16%	60,74%	32,35%
Óleo de Algodão		23,29%	2,19%	0,97%	
Outros Materiais Graxos			0,99%	0,54%	1,35%
Óleo de Fritura Usado		0,59%	0,28%	1,48%	0,26%
Gordura de Porco			0,03%		2,33%
Gordura de Frango			0,02%		0,12%
Óleo de Palma/Dendê		0,64%	0,02%		

Fonte: Adaptado de ANP (2015).

Segundo Nunes (2007), o óleo de palma é atualmente o óleo vegetal mais consumido no mundo. A produção mundial de óleo de palma (que no Brasil se equivale ao dendê) aumentou em 1.203%, a mais alta de todas, passando de 3,6 milhões de toneladas para 37,6 milhões de toneladas, ultrapassando o consumo mundial de óleo de soja. Atualmente, somados o óleo de palma e de palmiste, ambos produzidos a partir da palma, chega-se a mais de 42 milhões de toneladas, enquanto a produção de óleo de soja é de 35,86 milhões de toneladas. O óleo de canola/colza é o terceiro mais consumido no mundo. A sua produção se concentra na União Européia, na China, na Índia e no Canadá, que respondem por 83% da produção mundial.

Cada oleaginosa possui um percentual produtivo de óleo em função das condições de solo. Na Tabela 5 é apresentada uma sequência de espécies, produtividade e rendimento, de acordo com as regiões produtoras no Brasil (MOTA, 2011).

Tabela 5 - Características de algumas oleaginosas com potencial de uso energético

Espécie	Produtividade (Tonelada / (há)	Porcentagem de óleo	Ciclo de Vida	Regiões Produtoras	Rendimento (Tonelada óleo/hectare)
Algodão	0,86 a 1,4	15	Anual	MT, GO, MS, BA e MA	0,1 a 0,2
Amendoim	1,5 a 2	40 a 43	Anual	SP	0,6 a 0,8
Dendê	15 a 25	20	Perene	BA e PA	3 a 6
Girassol	0,5 a 2	28 a 48	Anual	GO, MS, PR e RS	0,5 a 0,9
Mamona	0,5 a 1,5	43 a 45	Anual	Nordeste	0,5 a 0,9
Pinhão manso	2 a 12	50 a 52	Perene	Nordeste e MG	1 a 6
Soja	2 a 3	17	Anual	MT, PR, RS, GO, MS, MG e SP	0,2 a 0,4

Fonte: Mota (2011).

A produção mundial de óleos vegetais aumentou aproximadamente 400% entre 1974/75 e 2006/07, passando de 25,7 milhões de toneladas para 123,1 milhões de toneladas (NUNES, 2007). Nos últimos anos (entre 2004/05 e 2006/07), de acordo com projeções do USDA, o consumo aumentou em 27 milhões de toneladas. A Tabela 6 apresenta a evolução da produção mundial de óleos vegetais, a partir de 1974/75, conforme as espécies vegetais produtoras (USDA, 2007).

Tabela 6 - Evolução da produção mundial de óleos (mil toneladas) (USDA, 2007)

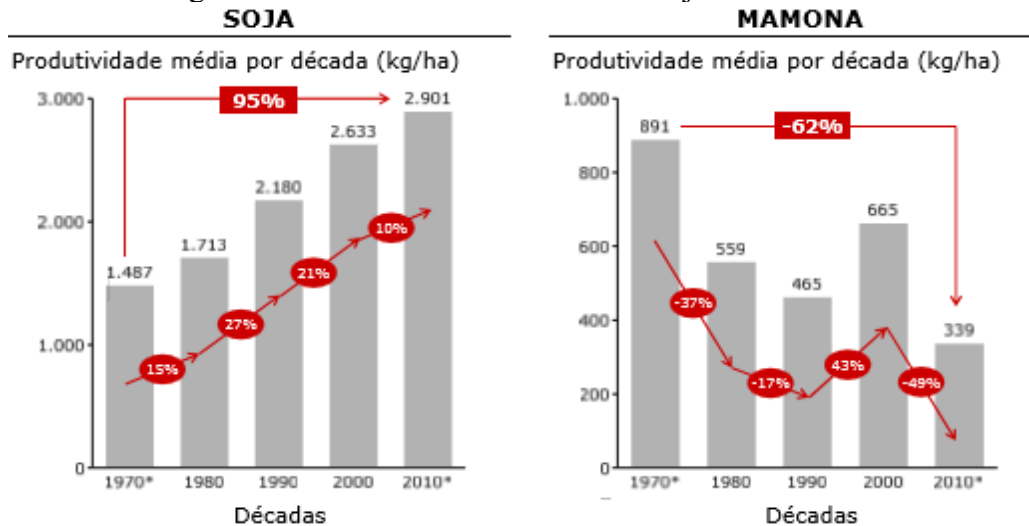
	1974 /75	1984 /85	1994 /95	2000 /01	2004 /05	2005/ 06	2006 /07	Participação (%)
Palma	2.891	6.754	14.888	24.295	33.825	35.956	37.672	30,61
Soja	6.476	10.203	19.849	26.762	32.511	34.582	35.868	29,14
Canola/Colza	2.443	5.554	10.013	13.318	15.760	17.165	18.243	14,82
Girassol	3.868	6.125	8.260	8.385	9.038	10.389	10.733	8,72
Amendoim	2.743	2.875	4.118	4.535	5.069	5.172,	4.975	4,04
Algodão	2.930	3.762	3.594	3.529	4.709	4.568,	4.726	3,84
Pamiste	415	902	1.910	3.069	4.134	4.360	4.573	3,72
Coco	2.554	2.573	3.401	3.596	3.439	3.458	3.295	2,68
Olivia	1.379	1.579	17.65	2.490	2.968	2.593	2.990	2,43
Soma	25.699	40.285	57.623	89.971	95.743	118.183	123.075	100

Fonte: USDA (2007 apud MOTA, 2011).

Embora o Brasil possua uma diversidade enorme de oleaginosas, apenas uma pequena parcela é realmente utilizada na produção de biocombustíveis. Isso ocorre pela baixa produtividade de outras culturas bem como pelos elevados preços.

Na Figura 26 é apresentada a evolução em termos de produtividade da soja quando em comparação ao óleo de mamona. Mesmo que a mamona não seja utilizada na produção de biodiesel é possível observar o quanto a soja obteve uma evolução produtiva.

Figura 26 - Produtividade histórica da soja e da mamona



Fonte: Bain e Company (2014).

Pode-se observar que a produção de soja, em comparação à cultura da mamona assumiu um patamar de produção no qual a outra cultura não obteve. No entanto, esse patamar deve-se a grande produtividade da soja e dos avanços no ramo da agricultura extensiva. Com isso, até a data de 2010 o plantio de soja gerou um aumento de 95% na produção de óleo, enquanto que na produção de mamona foi verificada uma redução de 62%. Outras fontes de óleo podem ter passado pela mesma redução na produção de óleo. Como exemplo tem-se o óleo de coco babaçu, que por conta das derrubadas das palmeiras vem reduzindo a sua produção.

Os dados mais recentes em termos de produção mundial de óleos são apresentados na Tabela 7. Cabendo ressaltar que estes dados relatam a produtividade e consumo das diversas fontes geradoras de óleo no mundo. Com estes dados podemos observar o crescimento do consumo de óleos e o quanto resta para a utilização na cadeia do biodiesel.

Tabela 7 – Principais países produtores, exportadores e consumidores de óleos vegetais
(milhões de Toneladas)

Produtor/Período	2009/10	2010/11	2011/12	2012/2013	2013/Março 14	2013/Abril 14
Produção						
Indonésia	25,6	27,2	30,1	32,7	35,6	35,5
China	17,9	19,0	21,0	22,4	23,1	23,2
Malásia	19,9	20,4	20,4	21,6	21,5	21,5
União Europeia	16,7	16,7	16,7	16,5	17,2	17,2
EUA	10,1	9,79	10,0	10,2	10,2	10,2
Argentina	7,69	8,80	8,48	7,44	8,15	8,25
Brasil	7,16	7,81	8,21	7,46	8,01	7,99
Outros	36,4	39,3	42,5	42,4	45,3	45,7
Total	141,5	149,0	157,4	160,7	169,1	169,5
Importação						
Indonésia	9,07	8,59	10,0	10,7	11,8	11,5
China	9,00	8,39	9,23	10,8	10,5	10,4
União Europeia	8,95	8,53	9,12	9,89	9,47	9,34
EUA	3,34	3,61	3,83	3,79	4,14	4,11
Paquistão	2,03	2,12	2,26	2,30	2,50	2,50
Egito	1,90	2,24	2,14	1,91	2,35	2,35
Malásia	2,12	2,38	2,65	1,83	2,57	1,70
Irã	0,97	1,45	1,35	1,48	1,69	1,67
Bangladesh	1,31	1,38	1,41	1,43	1,46	1,46
Turquia	0,62	0,86	1,11	1,26	1,25	1,33
Outros	16,9	18,3	18,5	19,5	19,8	19,8
Total	56,2	57,8	61,6	64,9	67,5	66,46
Exportação						
Indonésia	18,7	18,5	20,7	22,6	23,7	23,1
Malásia	16,5	17,7	17,6	19,2	18,7	18,5
Argentina	5,1	5,59	4,65	4,67	5,21	5,21
Ucrânia	2,69	2,7	3,33	3,32	4,18	3,88
Canadá	1,86	2,49	2,75	2,63	2,78	2,78
União Europeia	1,31	1,62	2,00	2,41	2,02	2,16
Rússia	0,76	0,41	1,80	1,27	1,88	2,00
Outros	10,6	10,8	10,5	11,4	11,1	11,1
Total	57,5	59,9	63,3	67,5	69,6	68,7
Consumo Doméstico						
China	26,9	27,7	29,2	31,2	32,9	32,9
Índia	15,1	16,0	16,8	18,1	19,2	19,1
EUA	11,2	11,9	12,8	13,0	13,3	13,3
Indonésia	6,72	7,95	8,92	9,87	9,87	10,8
Brasil	6,06	6,36	6,68	6,79	6,99	7,03
Malásia	5,44	4,77	4,94	4,94	5,18	4,80
Paquistão	3,28	3,40	4,54	3,61	3,81	3,80
Rússia	3,10	3,14	3,21	3,37	3,47	3,46
Argentina	2,42	3,05	3,60	2,94	3,06	3,22
Egito	2,08	2,27	2,42	2,54	2,58	2,58
México	2,16	2,22	2,30	2,35	2,38	2,38
Japão	2,23	2,20	2,16	2,19	2,25	2,22
Turquia	1,66	1,74	1,78	1,92	2,05	2,11
Produção						
Tailândia	1,67	1,94	2,01	2,05	2,03	2,07
Outros	25,3	27,0	28,3	29,5	30,4	30,5
Total	139,8	145,9	152,8	158,4	163,8	261,6
Estoque						
China	1,13	0,78	1,69	3,62	4,25	4,21
Indonésia	0,5	1,37	1,88	2,13	3,36	4,21
Malásia	2,22	2,56	3,05	2,42	2,60	2,30
União Europeia	2,39	1,66	1,35	1,29	1,53	1,54
EUA	1,99	1,61	1,54	1,16	1,12	1,12
Outros	5,77	7,06	8,42	7,09	7,36	7,40
Total	14,0	15,0	17,9	17,7	20,30	20,80

Fonte: USDA (2014 apud DIAS, 2015).

Em termos de unidades de processamento de oleaginosas, o Brasil dispõe de 66 fabricas de beneficiamento de óleo vegetais espalhadas nas mais diversas regiões do país. Sendo que nelas são processadas as principais matérias-primas, a citar: soja, canola, amendoim, algodão e girassol (DIAS, 2015). As unidades produtoras, bem como seu potencial de beneficiamento são apresentadas na Tabela 8 (ABIOVE, 2014).

Tabela 8 - Capacidade Instalada da Indústria de óleos vegetais no Brasil

Capacidade Total Instalada - 2013							
Estado	UF	Processamento Ton/dia	%	Refino	%	Envase Ton/dia	%
Mato Grosso	MT	38776	21,8	3263	13,4	2405	13,4
Paraná	PR	35745	20,1	4030	16,6	2032	11,4
Rio Grande do Sul	RS	31360	17,6	2420	9,95	1973	11,0
Goiás	GO	21485	12,1	3100	12,8	3127	17,5
São Paulo	SP	14173	7,96	6165	25,4	4700	26,3
Mato Grosso do Sul	MS	10590	5,95	1298	5,34	573	3,21
Minas Gerais	MG	9100	5,11	1300	5,35	905	5,06
Bahia	BA	6491	3,65	1090	4,48	969	5,42
Santa Catarina	SC	3200	1,80	674	2,77	349	1,95
Piauí	PI	2800	1,57	120	0,49	180	1,01
Amazonas	AM	2000	1,12	0,000	0,00	0,00	0,00
Maranhão	MA	1500	0,84	300	1,23	300	1,68
Pernambuco	PE	400	0,22	450	1,85	222	1,24
Rondonia	RO	300	0,17	0,00	0,00	40	0,22
Ceará	CE	100	0,06	100	0,41	100	0,56
Total		177980	100	24310	1000	17875	1000

Fonte: ABIOVE (2014 apud DIAS, 2015).

Nos levantamentos realizados foi possível observar que os maiores percentuais de óleo utilizado na produção de biocombustíveis são oriundos de sistemas de produção extensiva. Esse tipo de cultura, no qual se enquadram a soja e o girassol, é responsável pelo fornecimento do maior percentual de óleo. No entanto, culturas como o coco babaçu, dendê, etc., possuem seu potencial na cadeia de beneficiamento. Uma outra fonte é a reutilização de óleo residuais (OGR), que podem ser utilizados por um menor custo em relação aos óleos virgens (REI, 2007). Sua utilização não difere em nada se comparado ao produto obtido de óleos virgens (SALTARIM, 2013). Com isso, a reutilização desse produto beneficiará a cadeia produtiva e os recursos ambientais, visto que cada litro de óleo refinado utiliza 1000 litros de água em seu beneficiamento (REI, 2007).

2.10 Produção e Mercado de biodiesel

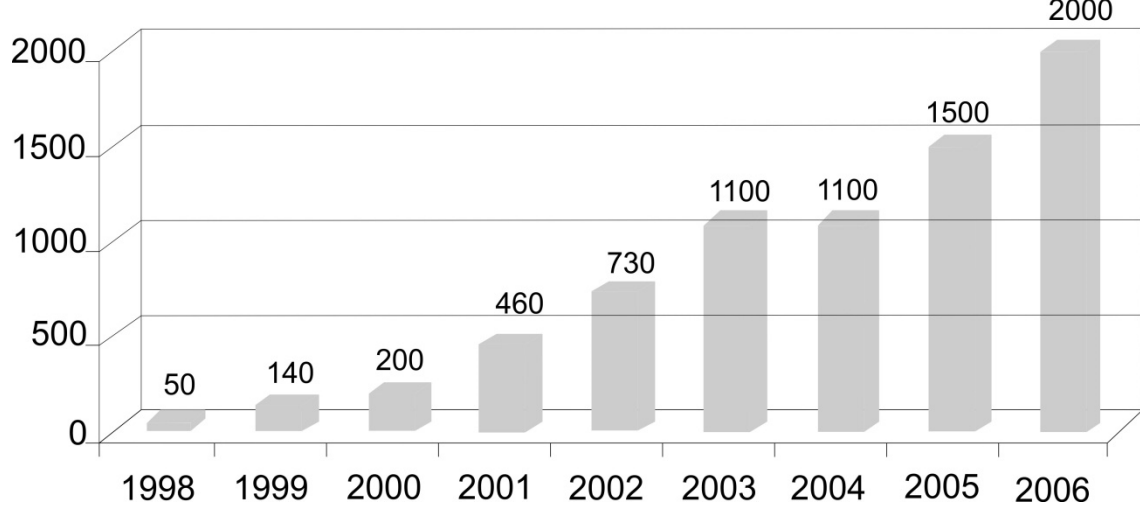
De acordo com BiodieselBr (2007), o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa no ano de 1990. Mesmo que o biodiesel tenha sido desenvolvido no Brasil, o principal mercado produtor e consumidor deste bem é o continente europeu. Os países constituintes desse continente produzem, considerando cerca de 40 unidades de produção, mais de 1,35 milhões de toneladas de biodiesel. A existência de incentivos fiscais e leis específicas para produção do biodiesel asseguram condições de mercado e competitividade com o produto derivado de petróleo (BIODIESELBR, 2007). No ano de 2005, a sua produção aumentou 65%.

O maior produtor de biodiesel do mundo, a Alemanha, possui um amplo parque industrial com plantas de processamento distribuídas por todo o país. A produção alemã de Biodiesel em 2005 foi de 1,67 milhões de toneladas (t) (Mota, 2011).

De acordo com a Figura 27, a capacidade de produção cresceu 4,34 vezes. O crescimento da capacidade se deu de maneira acentuada nos últimos cinco anos, fazendo com que a Alemanha viesse a ficar quatro anos à frente no programa de substituição de combustíveis fósseis em relação ao prazo estabelecido pelo European Union's Biofuel Directive. Este país, ainda conta com uma excelente política de incentivos fiscais que torna o Biodiesel mais barato que o diesel convencional proveniente de combustíveis fósseis, que em geral é importado dos países do Oriente Médio. De acordo com Mota (2011), a diferença nos preços entre o diesel convencional e o Biodiesel em 2005 foi de aproximadamente 0,07 dólares para o B100 e aproximadamente 0,14 dólar para as misturas de Biodiesel em combustíveis tradicionais.

O mundo tem grande interesse na produção e comercialização deste biocombustível, em função da crescente exigência pela redução da emissão de gases poluentes que resultam em acordos como o Protocolo de Kyoto. Outra variável que exerce pressão por uma nova fonte de energia alternativa ao combustível fóssil é a instabilidade política e social nos países produtores de petróleo, principalmente no Oriente Médio.

Figura 27 - Capacidade de produção de biodiesel na Alemanha (mil toneladas)



Fonte: Bockey (2005 apud MOTA, 2011).

A produção de biodiesel e as perspectivas estimadas até o ano de 2008 estão apresentados na Tabela 9 (STEENBLIK, 2006). Os dados apresentados mostram a relevância produtiva nos países que constituem o mercado produtor e consumidor, estando entre esses alguns dos países que mais tem contribuído para emissão de gases na atmosfera do planeta.

De acordo com Carvalho (2006), o Protocolo de Kyoto impôs, aos países em desenvolvimento, o mesmo desafio de seus colegas ricos, ou seja, se desvincularem da dependência dos combustíveis fósseis provenientes dos países produtores de petróleo.

Conforme a Tabela 9, o Brasil somente passou a ter uma produção em termos significativos a partir do ano de 2004. A Alemanha apresenta-se como principal produtor e consumidor, sendo responsável por cerca de 40% de todo o biodiesel em escala mundial.

Seguindo os dados expostos na Tabela 9, a França apresenta-se como segundo maior produtor de biodiesel. Em terceiro em escala de produção do biodiesel está a Itália que possui como fonte principal de matéria-prima a colza, que é importada da França e da Alemanha, tendo em vista que a produção interna é insignificante. Os incentivos fiscais cedidos pelo governo foram reduzidos em 50% a partir de 2005, devido aos grandes lotes importados de matéria-prima o que, poderá comprometer a produção nos próximos anos. A política destinada à produção apresenta-se dividida em 3 grandes vertentes, que consideram estratégias que vão além das matrizes energéticas. A Figura 28 apresenta os principais pontos responsáveis pelo crescimento da produção mundial de biodiesel.

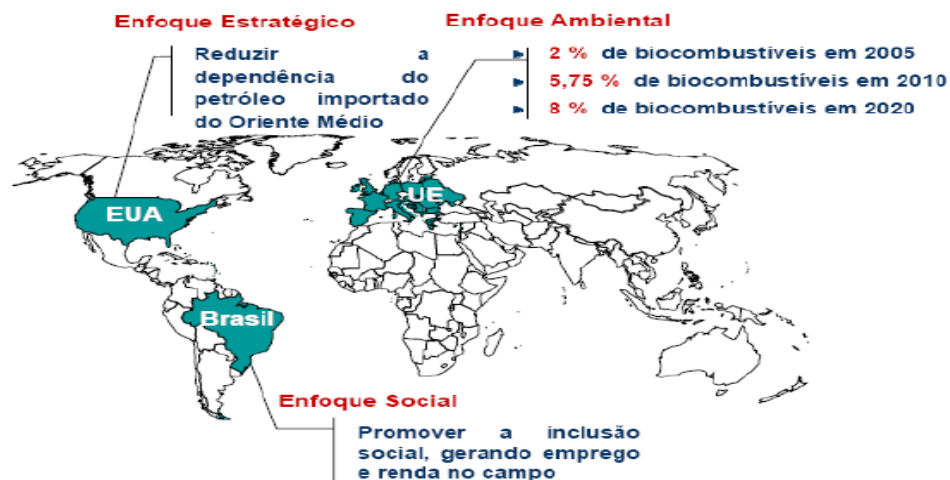
Tabela 9 – Estimativa da produção de biodiesel por país

País	Produção em milhões de toneladas						
	2002	2003	2004	2005 ¹	2006 ²	2007 ²	2008 ²
Austrália	25	32	57	N.D	N.D	N.D	N.D
República tcheca	N.D	N.D	60	N.D	N.D	N.D	N.D
Dinamarca	10	41	70	N.D	N.D	N.D	N.D
França	366	357	348	N.D	N.D	N.D	N.D
Alemanha	450	715	1035	N.D	N.D	N.D	N.D
Itália	210	273	320	N.D	N.D	N.D	N.D
Eslováquia	N.D	N.D	15	N.D	N.D	N.D	N.D
Espanha	0	6	13	N.D	N.D	N.D	N.D
Suécia	1	1	1	N.D	N.D	N.D	N.D
Inglaterra	3	9	9	N.D	N.D	N.D	N.D
Europa Total	1073	1544	1935	2200	3000	4000	5200
Canadá	1	3	3	43	76	83	100
México							
Estados Unidos	50	67	83	250	336	499	741
Brasil	Neg	Neg	6	176	238	300	700
China	Neg	20	45	64	150	337	450
Índia	Neg	Neg	Neg	Neg	8	50	300
Malásia					135	135	180
Filipinas			29	29	58	58	100
Tailândia	Neg	Neg	Neg	79	100	100	150
Austrália	27	27	29	36	268	268	350
Japão	2	2	3	3	3	7	10
Outros							
Total Mundial	1153	1663	2133	2880	4250	5800	8000

Fonte: Steenblik, (2006).

Legenda: (1) Produção estimada;(2) Produção projetada; N.D=Não definido; Neg = Negligenciável.

Figura 28 – Destaque dos principais produtores de biodiesel



Fonte: Campos (2006 apud MOTA, 2011).

2.10.1 Biodiesel no Brasil

O primeiro incentivo ao desenvolvimento tecnológico destinado à produção de biodiesel no Brasil ocorreu através do Plano de Produção de óleos vegetais para fins energéticos (PROÓLEO – 1975). Este plano, coordenado pelo Ministério da Agricultura, tinha como objetivo obter a mistura de 30% de biodiesel em diesel e chegar à utilização do novo biocombustível (CASTELLANELLI, 2008).

O governo federal, no esforço de obter um desenvolvimento tecnológico sustentável, instituiu em 30 de outubro de 2002 a Portaria de nº 720, criando assim o Programa Brasileiro de Biodiesel (Pró – diesel) (CASTELLANELLI, 2008).

O PNPB (Programa Nacional de Produção de Biodiesel) é um programa interministerial encarregado de estudos sobre a viabilidade de utilização de óleos vegetais para fins energéticos que visa, dentre outros objetivos, implantar um desenvolvimento sustentável promovendo a inclusão social, programa esse que teve como objetivo principal a integração social das comunidades menos favorecidas e carentes (PARENTE, 2003).

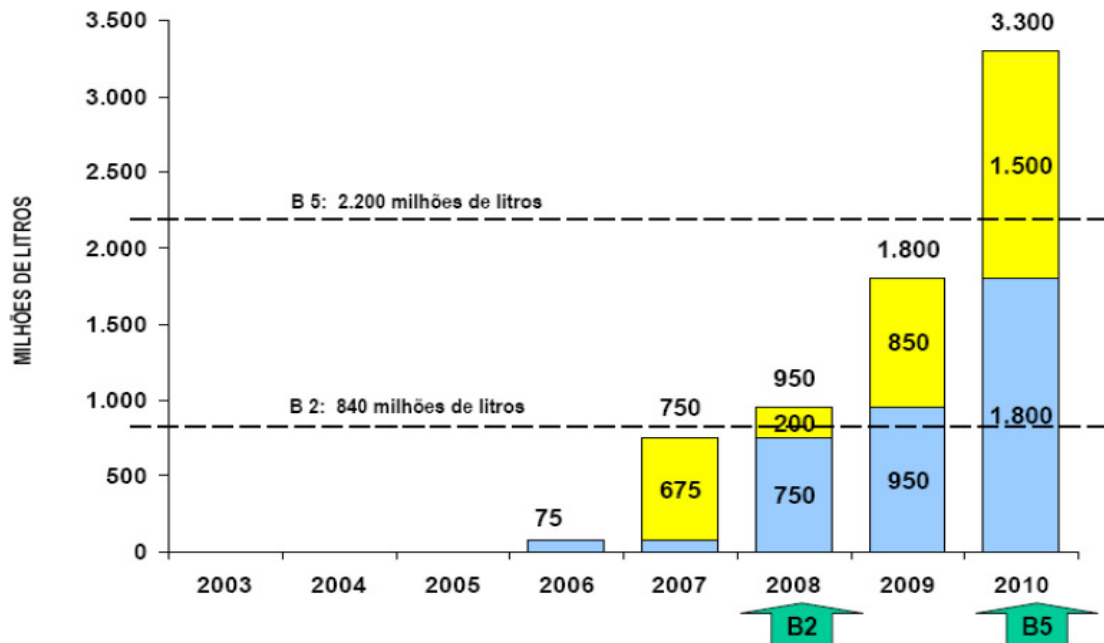
Uma política que garantisse a venda da matéria-prima foi implantada e leilões de biodiesel foram realizados com objetivo de garantir aos produtores de biodiesel e aos agricultores, especialmente os que praticavam agricultura familiar, um mercado para a venda da produção do biocombustível.

De acordo com a BiodieselBr (2007 apud MOTA, 2011), a soma da produção de biodiesel no primeiro e segundo leilões chegou a ser próxima de 250 milhões de litros, mostrando assim que o programa possuía uma base forte e plena condição de desenvolvimento.

Na tentativa de estimular a instalação de unidades de grande capacidade produtiva foram promovidos uma série de leilões de compra de biodiesel pela Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). O estudo da estimativa das matérias-primas utilizadas para a produção relatada até o sétimo leilão foram de: 50% de soja, 26% mamona e 15% de outros, incluindo gordura de origem animal (MME, 2007).

As leis vigentes até o momento preveem a utilização de percentuais de biodiesel ao diesel de petróleo. Na Figura 29 foi realizada uma estimativa na produção de biodiesel e as vigências estimadas até o ano de 2010, conforme Castellaneli, (2008). Com isso, já se observava o quanto poderia crescer a produção deste biocombustível no Brasil de forma que as leis de utilização fossem cumpridas. Embora na ocasião houvesse uma oferta de óleos, já se observava a necessidade de buscar novas fontes de matéria-prima oriunda de outras fontes gerados de lipídios (LIMA, 2013).

Figura 29 - Prospecção de produção nacional de biodiesel



Fonte: Castellanelli (2008).

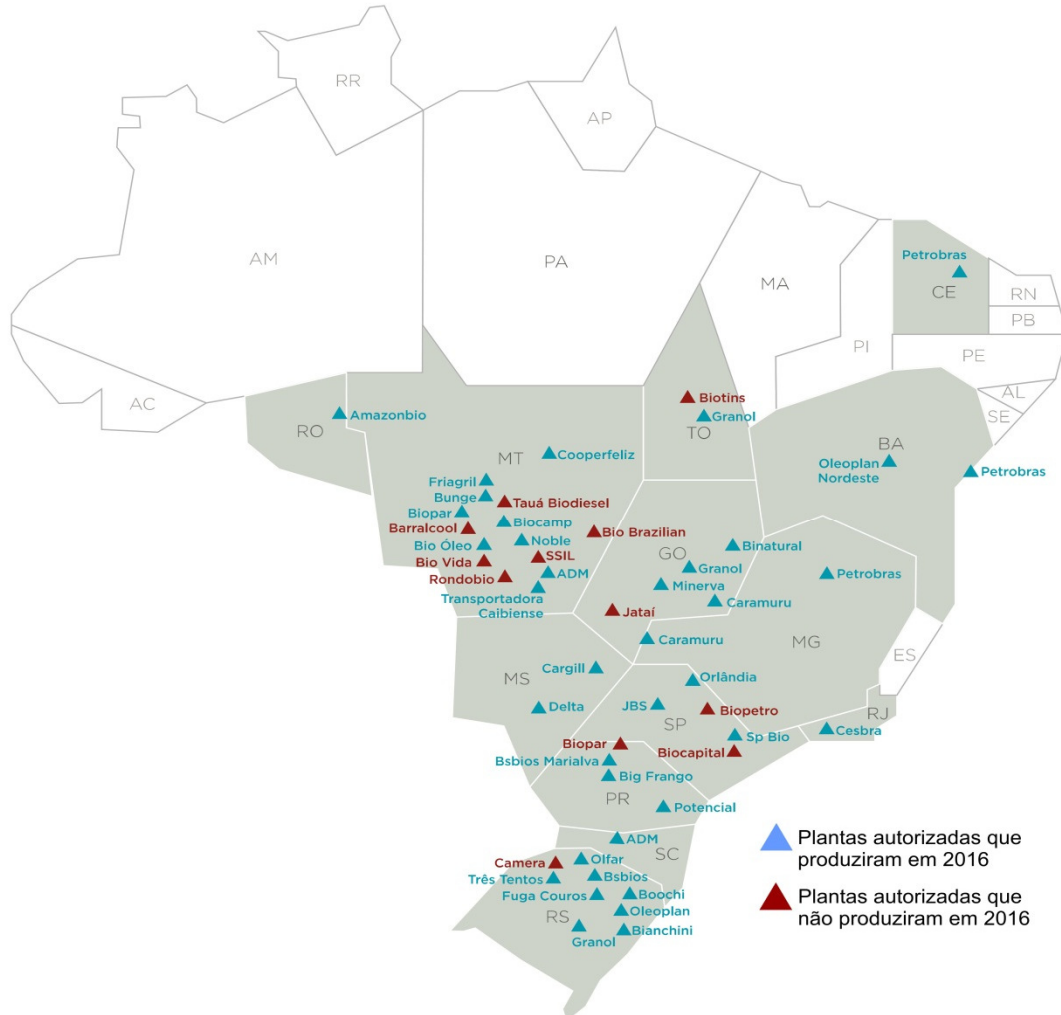
A política empregada pelo PNPB visava interagir os agricultores familiares para o fornecimento de matéria-prima. Para isso foi criado o Selo Combustível Social concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Souza (2000) avaliou o potencial de cultivo de algumas oleaginosas e a distribuição de terras por famílias. Constatou que para o cultivo de soja seriam necessários 20 hectares de terra para babaçu, 5 hectares para dendê e 2 hectares de terra por família para mamona. Esse relacionamento entre as unidades produtivas e a elaboração do selo fiscal ofereceu às unidades industriais a garantia de produção de matéria-prima e tributos fiscais.

Atualmente, existem 53 plantas produtoras de biodiesel autorizadas (Figura30) no país pela Agência Nacional de Petróleo Gás e Biocombustíveis (ANP). Com isso, a produção de biodiesel de outubro de 2014 foi de 310.319 m³, 1,6% superior ao volume registrado em setembro e 11,6% superior que a produção de outubro de 2013, quando foram fabricados 277.992 m³. No acumulado do ano vigente (janeiro a outubro), foram produzidos 2.746.154 m³, alta de 12,6% em relação ao mesmo período de 2013. Na Figura 30 é apresentada a distribuição regional das unidades produtoras instaladas no Brasil.

De acordo com dados da ABIOVE (2014b apud MOTA, 2011), em 2014 o estado que respondeu pela maior parcela da produção de biodiesel foi o Rio Grande do Sul (27,9%), seguido do Mato Grosso e de Goiás (ambos com 18,9%). Já em termos regionais, o centro-oeste

respondeu por 44,4% da oferta total de biodiesel (1.218.674 m³), seguido pelas regiões Sul (39,6% da produção, com 1.086.393 m³) e Sudeste (7,5%, com 205.394 m³).

Figura 30 - Mapa das plantas de biodiesel autorizadas no Brasil



Fonte: ANP (2015).

A localização de cada uma das unidades produtoras bem como sua capacidade instalada é mostrada com auxílio da Tabela 10.

Tabela 10 – Capacidade das Plantas de Biodiesel no Brasil

Empresa	Município	UF	Capacidade (m³/dia)
ABDIESEL	Araguari	MG	6,00
ADM	Rondonópolis	MT	1.352,00
ADM	Joaçaba	SC	510,00
AMAZONBIO	Ji-Paraná	RO	90,00
BARRAALCOOL	Barra dos Bugres	MT	190,46
BIANCHINI	Canoas	RS	900,00
BIG FRANGO	Rolândia	PR	6,00
BINATURAL	Formosa	GO	450,00
BIO BRAZILIAN	Barra do Graça	MT	98,00
BIO ÓLEO	Cuiabá	MT	150,00
BIO PETRO	Araraquara	SP	194,44
BIO VIDA	Várzea Grande	MT	18,00
BIOCAMP	Campo verde	MT	300,00
BIOCAPITAL	Charqueada	SP	400,00
BIOPAR	Rolândia	PR	120,00
BIOPAR	Nova Marilândia	MT	338,00
BIOTINS	Paraíso dos Tocantins	TO	81,00
BOCCHI	Muitos Capões	RS	300,00
BSBIOS	Marialva	RS	600,00
BUNGE	Nova Mutum	MT	413,79
CAMERA	Ijuí	RS	650,00
CARAMURU	Ipameri	GO	625,00
CARAMURU	São Simão	GO	625,00
CARGILL	Três Lagoas	MS	700,00
CESBRA	Volta Redonda	RJ	166,70
COOPERFELIZ	Feliz Natal	MT	10,00
DELTA	Rio Brilhante	MS	300,00
FERTIBOM	Catanduva	SP	333,30
FIAGRIL	Lucas do Rio Verde	MT	563,00
FUGA COUROS	Camargo	RS	300,00
GRANOL	Porto Nacional	TO	500,00
GRANOL	Anápolis	GO	1.033,00
GRANOL	Cachoeira do Sul	RS	933,33
JATAÍ	Jataí	GO	50,00
JBS	Lins	SP	560,23
MINERVA	Palmeiras de Goiás	GO	45,00
NOBLE	Rondonópolis	MT	600,00
OLEOPLAN	Veranópolis	RS	1.050,00
OLEOPLAN NORDESTE	Iraquara	BA	360,00
OLFAR	Erechim	RS	600,00
ORLÂNDIA	Orlândia	SP	367,00
PETROBRAS BIOCMBUSTIVEIES	Montes Claros	MG	422,73
PETROBRAS BIOCMBUSTIVEIES	Quixadá	CE	301,71
PETROBRAS BIOCMBUSTÍVEIS	Candeias	BA	603,42
PETROBRAS BIOCMBUSTÍVEIES	Guamaré	RN	56,00
POTENCIAL	Lapa	PR	533,00
RONDOBIO	Rondonópolis	MT	10,00
SPBIO	Sumaré	SP	200,00
SSIL	Rondonópolis	MT	50,00
TAUÁ	Nova Mutum	MT	100,00
TRANSPORTADORA CAIBIENSE	Rondonópolis	MT	100,00
TRÊS TENTOS	Ijuí	RS	500,00

Fonte: ANP (2015).

Os dados apresentados na tabela mostram que 90% da produção nacional é proveniente das maiores unidades produtoras, fato que veio a tornar público a ineficiência da política aplicada ao programa de agricultura familiar.

No entanto, o modelo tributário no, conforme a Instrução Normativa 1, de 5.7.2005 o MDA, qual a cadeia de produção do biodiesel foi inserida, e, no de forma a incentivar à inclusão social na agricultura, em suas diretrizes, decretou qu os seguintes percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima do agricultor familiar, que são:

- i) 50% para a região nordeste e o semi-árido;
- ii) 30% para as regiões sudeste e sul, e;
- iii) 10% para as regiões norte e centro- oeste.

Com isso, as empresas detentoras do Selo Social possuíam o direito a benefícios como a redução de PIS/Pasep e COFINS, acesso a melhores financiamentos nos bancos oficiais, e participação nos leilões de aquisição organizados pela ANP.

Na Tabela 11 é apresentado o regime tributário ao do biodiesel na esfera federal, inserindo o Selo Social, em comparação do diesel mineral.

Tabela 11 – Regime tributário Decreto nº 5.297/2004

Tributos Federais	Biodiesel				
	Agricultura Familiar no Norte, Nordeste e semi-árido com mamona ou Palma	Agricultura Familiar	Norte, Nordeste e semi-árido com Mamona ou Palma	ou Regra Geral	Diesel de petróleo
IPI	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero
Cide	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	R\$ 0,07
PIS/Cofins	Redução de 100%	Redução de 68%	Redução de 31%	R\$ 0,22	R\$ 0,15
Total de tributos Federais	R\$/litro R\$ 0,00	R\$/litro R\$ 0,07	R\$/litro R\$ 0,15	R\$/litro R\$ 0,22	R\$/litro R\$ 0,22

Fonte: Costa et al. (2007).

Porém, a relação de aquisição de matérias-primas e valores de alíquotas foram modificadas no decorrer dos anos. A portaria nº 81 16.11.2014 estabeleceu que o percentual mínimo de matéria-prima do agricultor familiar, feita pelo produtor de biodiesel para fins de concessão, manutenção e uso do Selo combustível social, ficaria estabelecido em:

- i) 15% para aquisições provenientes das regiões norte e centro-oeste;
- ii) 30% para aquisições provenientes das regiões sudeste, nordeste e semi-árido;

iii) 40% para aquisições na região sul.

O Decreto nº 6.458 do dia 14 de maio de 2008 PIS/PASEP e COFINS como sendo de valor R\$ 0,00 por metro cúbico de biodiesel. O Decreto nº 6.606 de julho de 2008 reescreve a nova redação do Decreto nº 5.297 de 6 de dezembro de 2004, relatando que as alíquotas incidentes na importação e comercialização passaram a ser respectivamente, R\$ 31,75 e R\$ 146,20 por metro cúbico.

Tomando por base todos os levantamentos realizados, podemos verificar que existe a necessidade em termos de matéria-prima e governamental da inserção de produtos oriundos de fontes renováveis no mercado de biocombustíveis. Somente a unidade produtora de biocombustível da Petrobras, no Ceará, possui uma capacidade nominal de 301,71 toneladas de biodiesel. A manutenção do Selo Social necessita que seja utilizado 30% de óleos oriundos de cooperativas produtoras de óleo. Com isso, uma unidade com esta capacidade de processamento apresenta uma necessidade diária de 92.325 toneladas de óleo vindo de cooperativa que se enquadrem na política do selo social.

Em dezembro de 2016 o governo lançou o RenovaBio, que é a nova Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, cujo objetivo é expandir a produção de biocombustíveis no Brasil, baseada na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e compatível com o crescimento do mercado. A partir desta expansão, almeja-se uma importante contribuição dos biocombustíveis na redução das emissões de gases de efeito estufa no país.

Sendo assim, a implementação das políticas de apoio ao pequeno produtor e a necessidade de se buscar novas fontes de matérias primas que venham a tornar viável a produção de biodiesel no Brasil é hoje uma estratégia de crescimento que tem beneficiado ambos os lados da cadeia produtiva. Se visualizarmos futuramente a importância da utilização de rejeitos da pesca, poderemos estar contribuindo tanto para a redução de impactos ambientais, visto que estes rejeitos são hoje jogados de forma aleatória, como para a geração de renda e crescimento de comunidades isoladas. A utilização destes recursos já foi pesquisada por diversos colaboradores do meio científico. No entanto, o desenvolvimento de novos equipamentos que venham a tornar viável a produção em escalas maiores e a forma de extração e beneficiamento para produtores em sistemas de cooperativas é ainda algo que necessita de maior atenção. É necessário ainda que antes de tudo, a implantação de um sistema como esse exija que seja provada a sua viabilidade técnica e econômica.

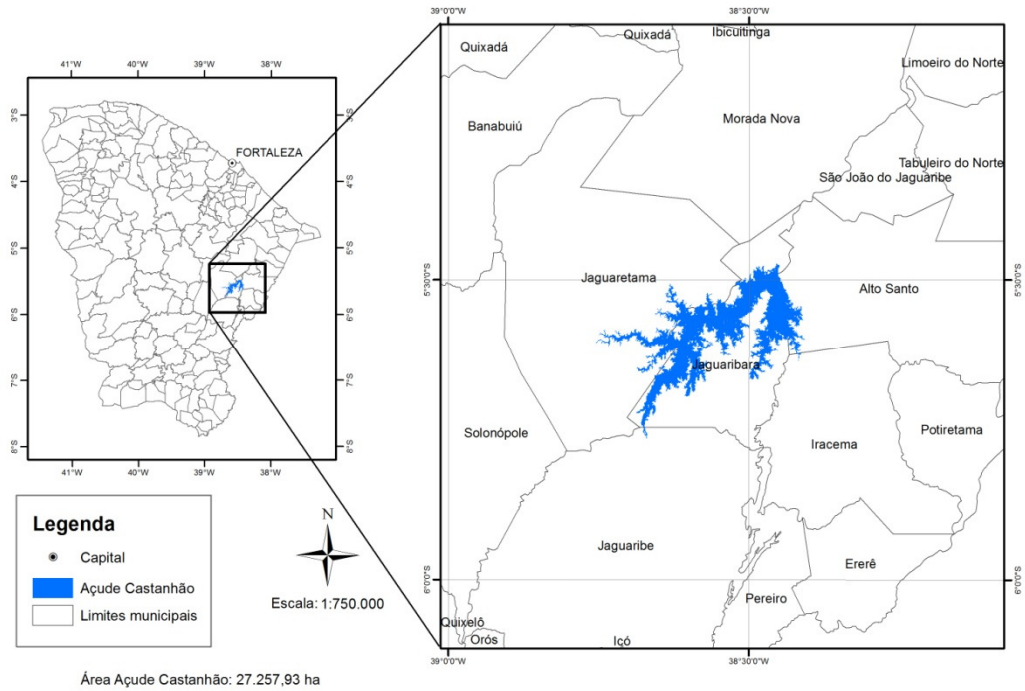
3 MATERIAIS E MÉTODO

Neste trabalho, foram utilizados uma série de materiais que tiveram como objetivo qualificar o óleo extraído das vísceras de tilápia do Nilo e o subproduto gerado, a borra proteica. Neste sentido, cada metodologia descrita neste documento possui a listagem de materiais (equipamentos, vidrarias e reagentes) que foram necessários ao estudo e compreensão dos métodos propostos. Assim, este capítulo foi subdividido dentro de uma sistemática que compreende: i) a coleta da principal matéria-prima (vísceras de tilápia), ii) a obtenção de parâmetros de engenharia (temperatura, pressão, viscosidade, dinâmica de decantação (velocidade terminal), iii) a proposta, o desenvolvimento, a construção, os testes de operacionalidade e de produtividade, e iv) o estudo de viabilidade técnica e econômica (EVTE) para a implantação da unidade. E, como cada uma destas avaliações requer seus devidos materiais, podendo estes ser químico, mecânico ou computacional, suas descrições são relatadas nos tópicos em que são apresentados.

3.1 Região destinada à coleta de amostras de vísceras e instalação da máquina após o seu desenvolvimento

O local de estudo e avaliação do sistema destinado à extração do óleo de vísceras de Tilápia do Nilo foi o Açude Castanhão, construído sobre o leito do rio Jaguaribe, no estado do Ceará. O açude do Castanhão compreende os limites geográficos de pelo menos quatro municípios cearenses: Jaguaribara (Nova Jaguaribara), Alto Santo, Jaguaretama e Jaguaribe, dadas as suas grandes dimensões. A barragem está localizada em Jaguaribara (Figura 31).

Figura 31 - Açude Castanhão e seus limites



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

O açude possui uma área de 25.257,93 hectares e sua capacidade de armazenamento é de 6.700.000.000 m³. Sozinho, ele tem 37% de toda a capacidade de armazenamento do Estado do Ceará.

A máquina será instalada na cooperativa de Curupati Peixes, localizada em Nova Jaguaribara, para diminuir o tempo de disponibilização das vísceras a serem processadas.

3.2 A obtenção dos peixes dos quais serão extraídas as vísceras

O elemento de estudo foram tilápias do Nilo que são obtidas da piscicultura na Cooperativa de Curupati peixes localizada no açude do Castanhão (Figura 32).

Figura 32 – Produção de tilápia em cativo (a) e Evisceração (b)



(a) Gaiolas



(b) Evisceração

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 33 é apresentada uma amostra da espécie em que é realizada o processo de extração do óleo e obtenção de parâmetros estequiométricos necessários ao desenvolvimento das etapas de engenharia do equipamento aqui proposto. Inicialmente, um corte lateral foi realizado de maneira a evidenciar os órgãos internos que compõem as vísceras da tilápia do Nilo. Cabe ressaltar que apenas os órgãos internos da tilápia são aproveitados para o beneficiamento e produção de óleo, borra e compostagem. E a partir dessa matéria-prima que é realizado o balanço material na produção e produtividade da máquina, mantendo os padrões laboratoriais previstos nas etapas de pesquisa.

Figura 33 - Tilápia : (a) Tilápias de diferentes tamanhos; (b) aspecto interno das vísceras de tilápia



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 Coleta de Vísceras

Os procedimentos de extração e caracterização do óleo das vísceras de tilápia do Nilo, bem como a realização dos ensaios de transesterificação do mesmo para produção do biodiesel de peixe, foram realizados no Laboratório de Referência em Biocombustíveis do NUTEC – Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará. Inicialmente, almejando-se melhor qualidade e rendimento final do óleo obtido, foi realizada a seleção do material visceral de forma a eliminar todo o conteúdo não adiposo (vesícula biliar, fígado, barbatanas, guelras e escamas), como apresentado na Figura 34.

Figura 34 - Vísceras de peixe selecionadas



Fonte: elaborado pelo autor.

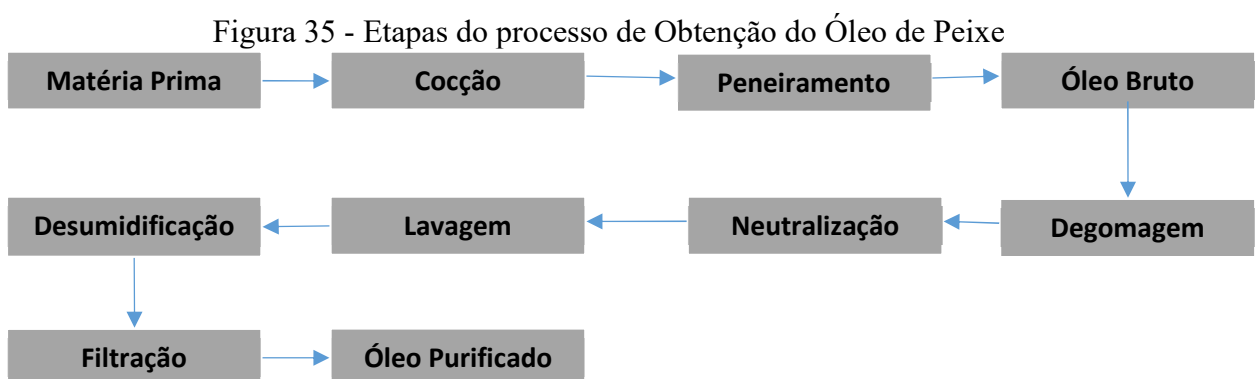
Nesta etapa, procurou-se avaliar a qualidade do óleo quando em presença de materiais proteicos (vesícula biliar e fígado) para determinar a sistematização das etapas de obtenção de óleo e resíduos.

As caracterizações do óleo foram realizadas conforme as normas da A.O.C.S. (American Oil Chemical Society). Os parâmetros analisados foram os índice de acidez, saponificação, refração, iodo e peróxido, assim como, massa específica, umidade e viscosidade. Já para o biodiesel, avaliou-se: índice de acidez, massa específica, glicerina livre e total, umidade e estabilidade oxidativa com e sem antioxidante. As normas empregadas na análise do biocombustível foram: ASTM (American Society for Testing and Materials), EN (European Normalisation), e NBR (Norma Brasileira).

3.4 Metodologia de Extração de Óleo das Visceras de Peixe

Adicionou-se cerca de 700g de vísceras de peixe em um tanque com aquecimento a 100°C sob agitação constante pelo tempo de 20 minutos. Resíduos sólidos foram recolhidos através de filtração com peneiras. O sistema foi mantido em repouso para decantação da borra, material escuro e aquoso composto majoritariamente de matéria não adiposa dos órgãos constituintes da matéria visceral.

Seguiu-se com processo de degomagem, acrescentando-se 2g de água aquecida a 60°C (equivalente a 5% em relação à massa de óleo obtida 350g), sob agitação constante por 20 minutos. O óleo foi, então, deixado em repouso para a decantação dos compostos polares em suspensão: ácidos biliares, compostos fosfóricos e partículas sólidas (DIAS, 2009). O sobrenadante recolhido foi levado à neutralização, para eliminação do excesso de ácidos graxos livres e outras impurezas como proteínas, ácidos oxidados e pigmentos. Durante essa etapa utiliza-se cerca de 5% m/m de glicerina P.A aquecida a 70°C em relação à massa de óleo, em conjunto de massa de hidróxido de sódio necessária para a completa neutralização do óleo. O processo se dá sob agitação constante por tempo de 15 minutos, seguido de repouso por aproximadamente 30 minutos para a decantação da glicerina. Prossegue-se com a etapa de lavagem com água destilada aquecida a temperatura de 80°C (5% em relação a massa de óleo), sob agitação constante durante 10 minutos para remoção de traços de sabão, glicerina residual, hidróxido e demais contaminantes em suspensão. Por fim, realiza-se a desumidificação do óleo a uma temperatura de 110°C, sob agitação constante por 30 minutos, seguida de secagem a vácuo sobre sal sulfato de sódio anidro, como observado na Figura 35.



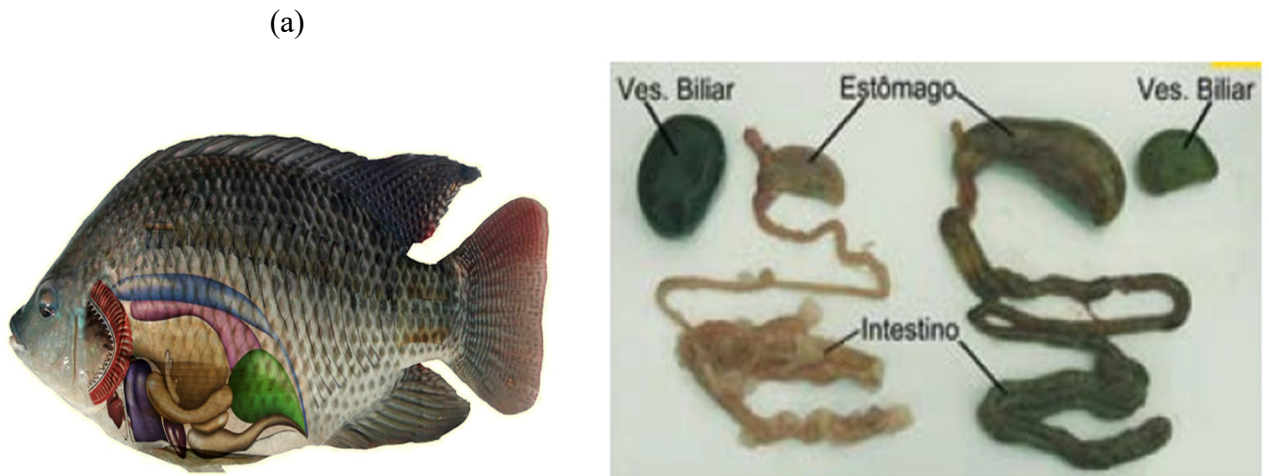
Fonte: elaborado pelo autor.

3.5 Testes com incremento de suco biliar

A bile ou bílis é uma mistura complexa de eletrólitos (sódio, potássio, magnésio, cálcio, cloreto e bicarbonato) e componentes orgânicos (sais biliares, pigmentos, colesterol, fosfolipídios, ácidos graxos, aminoácidos, proteínas etc.). Dentre as ações importantes da bile, destacam-se: a ação detergente sobre as partículas de gordura, o que reduz a tensão superficial das partículas e permite a fragmentação das mesmas. Em segundo lugar, e ainda mais importante, os sais biliares ajudam na absorção de ácidos graxos, monoglicerídios, colesterol e outros lipídios através da formação de diminutos complexos (micelas altamente solúveis em virtude das cargas elétricas dos sais biliares).

Na Figura 36 é apresentada a tilápia do Nilo enfatizando a parte visceral. Em (a) temos a tilápia com as vísceras internas expostas e em (b) cada uma das partes que compõem o restante da evisceração desse tipo de pescado. Nessa espécie, a vesícula biliar – localizada entre os lóbulos do fígado – se apresenta como uma bexiga geralmente transparente ou coberta por uma membrana de cor opaca (Figura 36b). Em seu interior se encerra a bile, um fluido de cor amarelada ou esverdeada que tem por função auxiliar na digestão das gorduras. Assim, quando o peixe está se alimentando normalmente, a vesícula apresenta uma cor amarelada e pequeno tamanho. Nos peixes que não estão se alimentando, a vesícula biliar fica repleta e geralmente de cor verde escuro. Para esta avaliação foi relacionado o aumento da acidez do óleo produzido a partir destes rejeitos. Com isso, obteve-se parâmetros que possam auxiliar em mecanismos de estocagem e tempo de processamento das vísceras para posterior obtenção de óleo que possua uma acidez dentro dos parâmetros exigidos para a compra de óleos e gorduras residuais (OGR'S).

Figura 36 - Trato digestivo de duas Tilápias de mesmo tamanho. No lado esquerdo trato digestivo da tilápia em jejum e, no lado direito, tilápia pós-alimentação
(b)



Fonte: elaborado pelo autor.

Foram realizados um total de seis ensaios distintos para obtenção do óleo de tilápia. Em cada ensaio, uma massa constante (210g) de víscera ausente de bile foi pesada e em seguida acrescida de quantidades distintas de bile, conforme Tabela 12:

Tabela 12 – Esquema de ensaios realizados para obtenção do óleo de Tilápia

Ensaio	Conteúdo de bile acrescentado
1	Ausente
2	5%
3	10%
4	20%
5	30%
6	40%

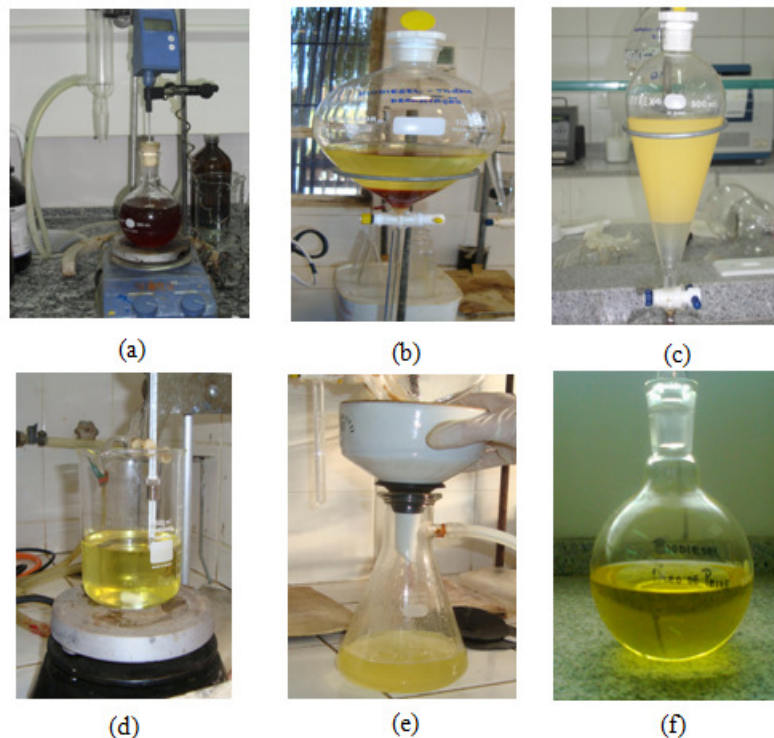
Fonte: elaborado pelo autor.

O sobrenadante obtido pós-decantação foi degomado com água aquecida a 80°C – 90°C, no total de 10% em relação à massa de óleo. O processo foi realizado em duplicata para todos os óleos, mediante a observação da presença de borra residual aderida as paredes das vidrarias. Em todos os óleos, a etapa de centrifugação mostrou-se necessária para completa separação do conteúdo residual de borra. A centrifugação do óleo foi realizada em centrífuga com aquecimento de 40°C, e rotação de 2500 rpm por tempo mínimo de 7 minutos.

3.6 Metodologia da produção de biodiesel a partir de óleo extraído das vísceras de peixe

O processo de transesterificação do óleo das vísceras de tilápia foi realizado via catálise alcalina convencional, com emprego de 500g de óleo, utilização de álcool metílico na razão molar de 1:6 (óleo/álcool) e adoção de 0,5% de catalisador NaOH em relação à massa de óleo. A reação foi realizada sob agitação e temperatura constantes de 60°C, por tempo de uma hora. Após a reação, a mistura foi mantida sob repouso em balão de decantação para separação da glicerina. A fase éster superior, biodiesel, foi encaminhada à purificação via rota úmida, a qual se acresceu água destilada previamente aquecida à temperatura de 80°C, na proporção de 10% (m/v) em relação à massa da fase éster. Esta etapa foi efetuada três vezes, com intervalos de uma hora entre cada lavagem para decantação e recolhimento de água conforme a Figura 37 a seguir.

Figura 37 - Etapas do processo de transesterificação metílica biodiesel do óleo de víscera de tilápia. (a) transesterificação; (b) decantação; (c) lavagem; (d) desumidificação; (e) secagem; (f) biodiesel final



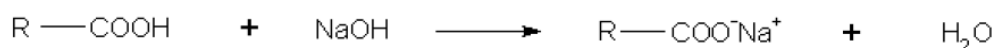
Fonte: elaborado pelo autor.

3.7 Análises Físico-químicas do óleo e do rejeito oriundo da extração (Borra)

3.7.1 *Índice de Acidez*

As análises de índice de acidez para os óleos foram realizadas de acordo com o manual de métodos físico-químicos para análises de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (AOCS Ca 5a – 40). Este método é empregado para determinação do índice de acidez de óleos e gorduras vegetais. O índice de acidez corresponde ao número de miligramas de KOH necessário para neutralizar a acidez de 1 g de uma amostra de óleo ou gordura (mg KOH/g), sendo essa acidez reflexo da presença de ácidos graxos livres na amostra. O índice de acidez também pode ser fornecido em termos de % de ácidos oleicos (massa molecular = 282g/mol). A reação ocorrida durante a determinação é uma neutralização simples. Os ácidos graxos livres reagem com a base titulante, hidróxido de sódio ou de potássio, formando sais e água.

Reação genérica da determinação:



A listagem com reagentes e aparelhagem utilizada no ensaio é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Reagentes e material destinado ao ensaio de acidez do óleo

Reagentes	Aparelhagem utilizada
Álcool etílico P.A (vetec).	Frascos Erlenmeyer de 250ml
Solução de NaOH 0,1M	Frasco Erlenmeyer de 500ml
Solução alcoólica de indicador fenolftaleína 1% p/p (synth)	Bureta de 10 ml
	Balança analítica com incremento digital de 0,0001g

Fonte: elaborado pelo autor.

Procedimento experimental:

- Tarar e pesar num frasco Erlenmeyer, cerca de cinco g da amostra. Anotar a massa da amostra;
- Colocar o álcool necessário para todo o experimento num Erlenmeyer e adicionar cerca de três gotas de fenolftaleína 1%;

- c. Neutralizar o álcool necessário com o NaOH 0,1 M, até aparecimento de leve coloração rósea no meio. Reservar;
- d. Adicionar à amostra, 50 ml do etanol neutralizado e agitar até total dissolução da amostra;
- e. Titular com NaOH 0,1M na bureta, agitando sempre o frasco, até que a cor rósea apareça (persistindo por pelo menos 30 segundos).

Cálculo:

$$IA(mgKOH/g) = \frac{(VxMx56,11xf)}{m}$$

Eq.(1)

Em que:

IA - índice de acidez (mg KOH/g);

m - massa da amostra utilizada

V - volume (ml) de solução de NaOH gasta com a amostra;

f - fator de correção da solução de NaOH;

56,11 - massa molecular de KOH

3.7.2 *Índice de Saponificação – AOCS (American Oil Chemists' Society)*

Quando um óleo ou gordura é aquecido na presença de solução aquosa alcalina de hidróxido de sódio ou potássio, forma-se o glicerol e uma mistura de sais alcalinos de ácidos graxos, que são os sabões, caracterizando a reação de saponificação.

O índice de saponificação nos indica a quantidade de base a ser utilizada para saponificar completamente o óleo, sendo definido como a quantidade de miligramas de hidróxido de potássio requerido para saponificar um grama de óleo ou gordura.

A listagem com reagentes e aparelhagem utilizada no ensaio é apresentado na Tabela14.

Tabela 14 - Reagentes e material destinado ao ensaio de saponificação do óleo

Reagentes	Aparelhagem utilizada
Solução Alcoólica de Hidróxido de Potássio 0,5N (Vetec)	Condensador vertical tipo Allinh (de bolas) ou de serpentina, com boca esmerilhada
Solução de Ácido Clorídrico 0,5N	Balão de fundo chato de 250 ml com boca esmerilhada
Solução alcoólica de fenolftaleína 1% (synth)	Pipeta volumétrica de 25 ml
	Pipeta graduada de 1 ml
	Bureta graduada de 50 ml
	Erlenmeyer 250 ml
	Balança analítica 0,0001g

Fonte: elaborado pelo autor.

Procedimento experimental:

- a. Tarar o balão de fundo chato e pesar uma amostra, entre 2,0 e 2,5 g. Anotar o valor;
- b. Adicionar 25 ml da solução de KOH;
- c. Preencher o fundo do béquer com esferas de ebulição. Adicionar água para o banho-maria e levar para a chapa de aquecimento;
- d. Conectar o condensador no balão com a amostra e imergi-lo na água do banho-maria, sobre as esferas;
- e. Deixar ferver durante 2 horas ou até completa saponificação;
- f. Retirar do aquecimento e, no mesmo balão, adicionar 2 gotas da solução de fenolftaleína;
- g. Titular a quente com a solução de ácido;
- h. Fazer paralelamente uma determinação em branco: num balão volumétrico, repetir do passo b ao g.

Cálculo:

$$IS = (Vb - V)xfx 28,05/m$$

Eq.(2)

Em que:

IS - índice de saponificação;

m - massa da amostra;

f - fator de correção do ácido;

Vb - volume do branco (ml);

V - volume gasto com amostra (ml);

28,05 - KOH 0,5N.

Figura 38 - Processo de saponificação da amostra



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.3 Índice de Iodo pelo Método de Wijs – EN 14111

O índice de iodo de um óleo ou gordura é a medida do seu grau de instauração, sendo expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% iodo absorvido). Cada óleo possui um intervalo característico do valor do índice de iodo. A fixação do iodo ou outros halogênios se dá nas ligações etilênicas dos ácidos graxos. Quando o índice de iodo for determinado em material contendo sistemas de duplas ligações conjugadas, o resultado não é uma medida do total de insaturação, mas um valor empírico indicativo da sua quantidade na molécula.

A listagem com reagentes e aparelhagem utilizada no ensaio é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Reagentes e material destinado ao ensaio de iodo do óleo

Reagentes	Aparelhagem utilizada
Tetracloroeto de carbono (CCl_4)	Bureta de 50 ml
Solução de Wijs	Erlenmeyers de 500 ml c/ tampa esmerilhada
Solução alcoólica de fenolftaleína 1% (synth)	Pipetas de 10, 20 e 25 ml
Solução de KI 15% p/v	Proveta de 100 m
Solução de amido 1% p/v	
Solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 0,1 M	

Fonte: elaborado pelo autor.

Procedimento experimental:

- a. Pesar cerca de 0,25 g da amostra diretamente em erlenmeyer com boca esmerilhada tarado e seco.
- b. Adicionar 10 ml de tetracloreto de carbono e 25 ml solução de Wijs.
- c. Agitar cuidadosamente, deixar em repouso por 30 minutos, ao abrigo da luz e a temperatura de aproximadamente 25°C.
- d. Adicionar 10 ml de solução de iodeto de potássio 15% p/v e 100 ml de água recentemente fervida e fria.
- e. Titular com solução de tiosulfato de sódio 0,1 M, adicionando-o lentamente e, com agitação constante, até uma fraca coloração amarela. Nesse momento adicionar 1 a 2 ml de solução de amido 1% e continuar a titulação até desaparecimento da coloração azul. Anotar o volume.

Obs: Executar uma determinação em branco seguindo os passos de b ao e.

Cálculos:

$$II = (Vb - V) \times M \times 12,69/m$$

Eq.(3)

Em que:

II - índice de iodo;

m - massa da amostra;

Vb - volume do branco (ml);

V - volume gasto com amostra (ml);

M - Molaridade da solução de tiosulfato de sódio

3.7.4 Determinação de nitrogênio

A determinação de nitrogênio total será realizada pelo método de kjedahl (referência) com correção para nitrogênio não proteico, na qual consiste em: pesar aproximadamente 0,5g da amostra em papel vegetal (isento de nitrogênio), transferir para o balão digestor de kjeldahl e em seguida acrescentar mistura catalítica e 30 ml de ácido sulfúrico concentrado; mineralizar até que se obtenha um líquido claro; esfriar, adicionar ao balão digestor cerca de 5 ml de água destilada, cuidadosamente, sob água corrente ou transferir o líquido mineralizado, quantitativamente, para um balão volumétrico de 500 ml e completar o volume; proceder a destilação utilizando o volume total digerido ou alíquota (10 ml) do volume

de 100 ml (balão volumétrico), dependendo da técnica utilizada. O sal formado, borato de amônio, após processo de destilação titula-se com solução padrão de HCl 0,1N, com fator conhecido, através da fatoração com Tris (Hidroximetilaminometano - C₄H₁₁NO₃), até ponto de viragem do indicador vermelho de metila. Titular com solução de hidróxido de sódio 0,1N até viragem de vermelho para amarelo permanente. O percentual proteico foi obtido utilizando da Equação 4.

$$P \% = 0,14 \cdot K \cdot (V_1 - V_2) \quad \text{Eq.(4)}$$

Em que:

V_1 - Volume H₂SO₄(0,1N)

V_2 - Volume NaOH (0,1N)

K - 6,25 (fator de Conversão)

P - massa da amostra (g)

Para converter o nitrogênio medido para proteína, devemos multiplicar o conteúdo de nitrogênio por um fator arbitrário, que representa um fator médio para o material em estudo, que é 6,25 para alimentos em geral.

Proteína Bruta = conteúdo total de nitrogênio (Kjeldahl) x fator

3.7.5 Determinação do Teor de Umidade (NBR 8112 e E871)

Para a avaliação da umidade, uma amostra da borra foi avaliada por secagem a peso constante. Para tanto, realizou-se a secagem direta em estufa a 105°C. A amostra foi pesada em balança analítica em cápsula de porcelana. O objetivo dessa análise foi de avaliar o percentual de umidade verificada na borra após a remoção da parte oleica. Para avaliar o percentual de umidade foi utilizada a Equação 5.

$$T_u = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \cdot 100 \quad \text{Eq.(5)}$$

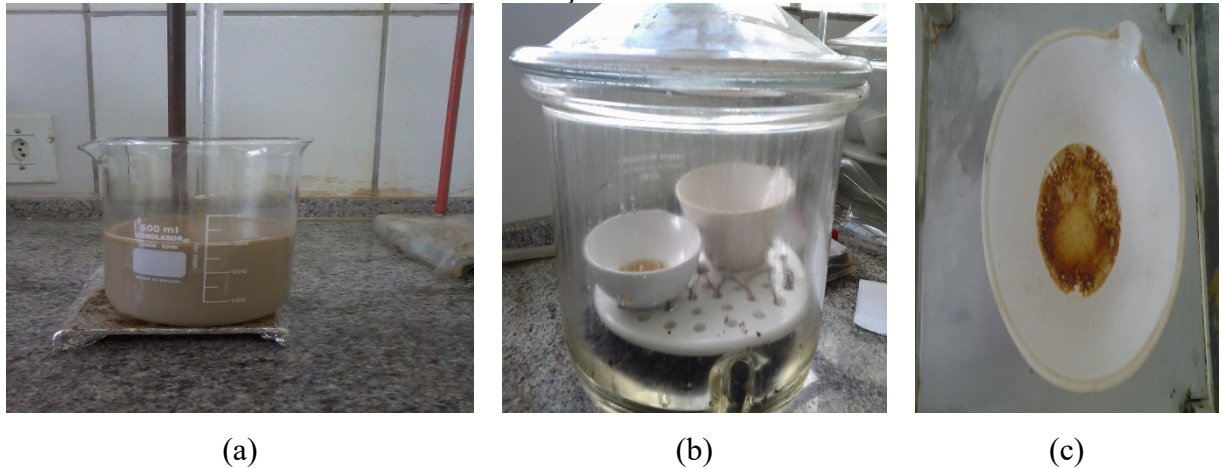
Em que:

T_u – Teor de Umidade

m_1 - massa da amostra inicial (g)

m_2 - massa final da amostra (g)

Figura 39 - – Processo de Obtenção da Umidade: (a) Borra; (b) Dessecação da Borra; (c) Pós-dessecação da Borra



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.6 Determinação de resíduos por Incineração (NBR 8112 e D1102)

Foi realizada a pesagem 5g de amostra de borra em cadinho de porcelana. Posteriormente, a amostra pesada foi levada à mufla previamente aquecida a 650°C. A amostra permaneceu na mufla por uma hora e em seguida foi levada a um dessecador até que a temperatura ambiente fosse alcançada. Depois de alcançada a temperatura ambiente, o cadinho foi novamente pesado. O Teor de Cinzas foi calculado de acordo com a Equação 6.

$$T_c = \left(\frac{m_3 - m_4}{m_3} \right) \cdot 100 \quad \text{Eq.(6)}$$

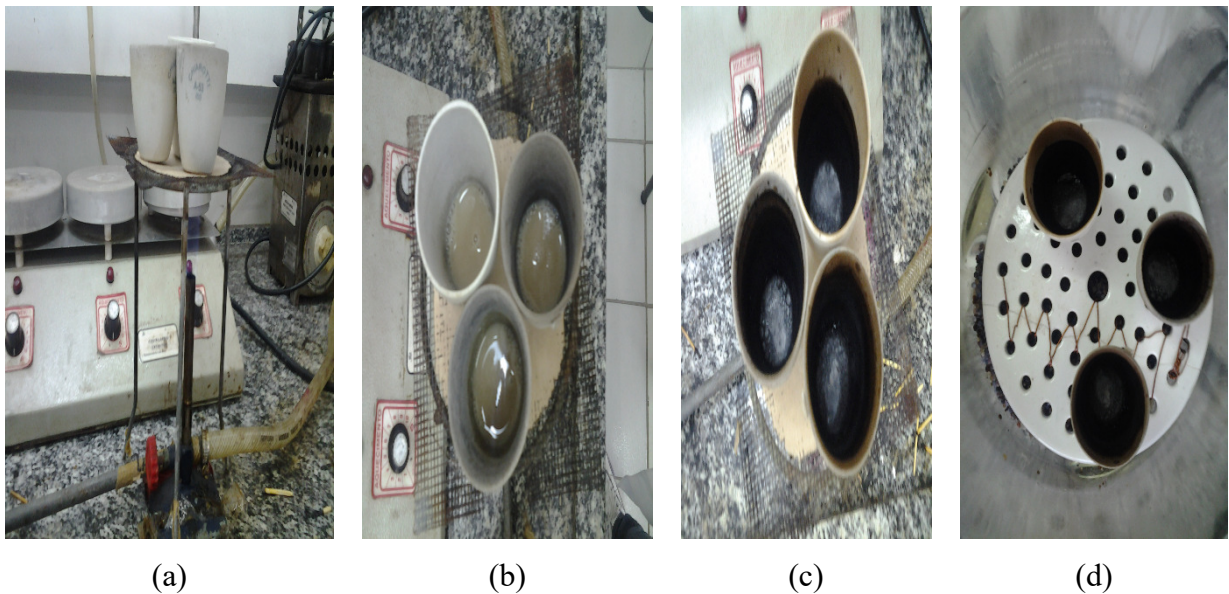
Em que:

T_c – Teor de Cinzas

m_3 - massa da amostra inicial (g)

m_4 - massa final da amostra (g)

Figura 40 - Processo de Obtenção das Cinzas: (a) e (b) Borra no bico de Büsen para retirada da água e dos materiais voláteis; (c) Cinzas da borra Pós-Bico de Büsen.; (d) Cinzas na dessecadora



Fonte: P elaborado pelo autor.

3.7.7 Teor de Carbono Fixo (T_{cf})

Para a Determinação do número de carbonos foi utilizada a NBR8112. Esta metodologia utiliza os teores de umidade, de matéria volátil e de cinzas da amostra. Com isso se obteve o teor de Carbono fixo (T_{cf}) de acordo com a Equação 7.

$$T_{cf} = 100 - (T_u - T_c) \quad \text{Eq. (7)}$$

Em que:

T_u – Teor de Umidade (%)

T_c – Teor de Cinzas (%)

3.7.8 Índice de Refração

A análise do índice de refração é característica para cada tipo de óleo, isso dentro de certos limites. Ela está relacionada com o grau de saturação das ligações, mas é afetada também por outros fatores, a citar: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico. Quando a luz muda de meio de propagação, ela sofre, geralmente, uma mudança na direção de propagação, sendo esse fenômeno chamado de refração. Os óleos e gorduras possuem diferentes poderes de refringência de acordo com sua natureza. Podem desviar com maior ou menor

intensidade os raios luminosos. Dessa forma, o índice de refração é utilizado para determinar o grau de pureza de substâncias, sendo um método simples e rápido. Para tanto, utilizou-se um refratômetro, modelo A. KRUSS OPTRONICS, com escala-padrão e algodão. As análises do índice de refração para os óleos foram realizadas de acordo com o manual de métodos físico-químicos para análises de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (AOCS Cc 7 – 25).

A listagem com reagentes e aparelhagem utilizada no ensaio é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 - Reagentes e material destinado ao ensaio de índice de refração

Reagentes	Aparelhagem utilizada
Éter de petróleo ou outro solvente orgânico	Bureta de 50 ml

Fonte: elaborado pelo autor.

Procedimento experimental:

- Colocar a amostra num bequer de 100 ml, fundi-la e filtrá-la, se necessário.
- Imergir um bastão de vidro na amostra e preencher a lâmina do refratômetro.
- Ler o valor do índice de refração ajustando a escala do refratômetro

Figura 41 - Refratômetro A.KRUS OPTRONICS®



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.9 Teor de Umidade por Karl Fischer

Esta análise encontra-se de acordo com a norma da ASTM D6304-07. Para a realização deste procedimento utilizou-se o aparelho KF Coulometer, modelo 831 da METROHM®. Para a determinação de umidade foi utilizado o procedimento 014/IV do Instituto Adolf Lutz, conforme descrito a seguir: pesaram-se com precisão, por diferença, uma quantidade de amostra que continha aproximadamente um grama e a introduziu na cela do

frasco reator de Karl Fischer (Figura 42) e, por fim, realizou-se a titulação. O resultado foi lido diretamente no visor do equipamento, em ppm (mg/kg).

Figura 42 - KF Coulometer modelo 831 da METROHM®.

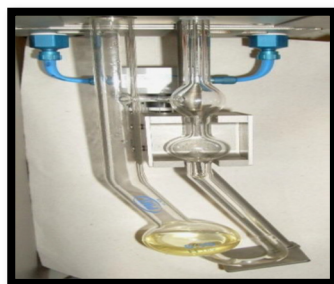


Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.10 Viscosidade Cinemática a 40 °C

Esta análise foi realizada de acordo com a norma da ABNT NBR 10441. Para a realização deste procedimento, utilizou-se um tubo viscosimétrico capilar *cannonfenske*, que segue o princípio de Ostwald, conforme mostra a Figura 42 (a) e um viscosímetro da marca TAMPSON ZOETERMEER- HOLLAND® modelo TV 2000/AKV - Figura 43 (b).

Figura 43 - Aparelhagem utilizada no ensaio de viscosidade: (a) viscosimétrico capilar *cannonfenske*, (b) Viscosímetro da marca TAMPSON ZOETERMEER- HOLLAND® modelo TV 2000/AKV



(a)



(b)

Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.11 Densidade e Massa Específica

Esta análise foi realizada de acordo com a norma da ABNT NBR 14065. Para a realização deste procedimento utilizou-se um densímetro digital da marca ANTON PAAR modelo DMA 4500.

Figura 44 - Densímetro digital marca ANTON PAAR® modelo DMA 4500



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.12 Avaliação do poder calorífico do biodiesel produzido

Para avaliar o poder calorífico do biodiesel de óleo de peixe foi utilizado Bomba Calorimétrica Automática Fabricante: IKA Modelo: C-200.

Figura 45 Bomba Calorimétrica



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.13 Centrifugação

A centrifugação do óleo foi realizada em centrífuga Nova tecnica ® com aquecimento de 40°C, e rotação de 2500 rpm por tempo mínimo de 7 minutos.

Figura 46 - Centrífuga



Fonte: elaborado pelo autor.

3.7.14 Determinação dos Ácidos Graxos dos Óleos de vísceras de Peixe

A determinação da composição química dos ácidos graxos dos óleos de mamona e de vísceras de peixe foi realizada por cromatografia gasosa (CG), com detector de ionização de chama (FID). Os compostos foram identificados por comparação do tempo de retenção das amostras, com o tempo de retenção dos padrões cromatográficos dos ácidos graxos. A quantificação foi feita pela conversão das áreas dos picos em concentrações da curva de calibrações dos padrões. As análises foram realizadas em equipamento Shimadzu modelo 17^a, com coluna capilar Supelco 5% de fenil e 95% de dimetilpolisiloxano com 100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme da fase estacionária. Os gases de arraste foram o ar sintético e hidrogênio. As condições operacionais foram: temperatura inicial da coluna 150 °C, temperatura do detector de 280 °C, programação de temperatura da coluna: de 15 °C/min. até 240 °C e mantida por 2 minutos, e em seguida 20°C/min. até 260 °C mantida por 21 minutos. Os outros parâmetros cromatográficos foram operados da seguinte forma: Modo split 1:30, pressão de 206 atm, fluxo do gás de 1,5 ml/min, velocidade linear de 32,6 ml/min e fluxo total de 55 ml/min.

Para a preparação das amostras padrões de ácidos graxos, procedeu-se da seguinte maneira: dissolveu-se a amostra de padrões multi elementares (Tabela 17) em 5 ml do solvente diclorometano.

Essa solução principal apresenta uma concentração de 10000 mg/L e desta solução foram preparadas novas diluições com as seguintes concentrações: 1000 mg/L, 7000 mg/L, 4000 mg/L, 2000 mg/L, 1000 mg/L e 400 mg/L. Em seguida construiu-se a curva de calibração para a quantificação dos ácidos graxos presentes nos óleos. Após a transesterificação dos óleos, retirou-se 75 μ L da amostra e dissolveu-se em 10 ml de diclorometano e desta solução retirou-se 1 μ L e o injetou no cromatografo nas condições descritas acima.

Tabela 17 – Padrões cromatográficos de ácidos graxos e sua pureza

Ácidos	Nº átomos Carbono	Pureza (%)	Participação (%)
Caprílico	8:0	99,9	7,996
Caprico	10:0	99,8	8,011
Láurico	12:0	99,7	8,006
Mirístico	14:0	99,9	7,996
Palmítico	16:0	99,9	11,002
Palmitoleico	16:1	99,9	7,999
Estearico	18:0	99,7	7,996
Oleico	18:1	99,9	4,998
Linoleico	18:2	99,9	5,000
Linolênico	18:3	99,9	5,005
Araquídico	20:0	99,7	5,001
Behénico	22:0	99,8	7,996
Erúcico	22:1	99,9	7,996
Lignocérico	24:0	99,6	5,001

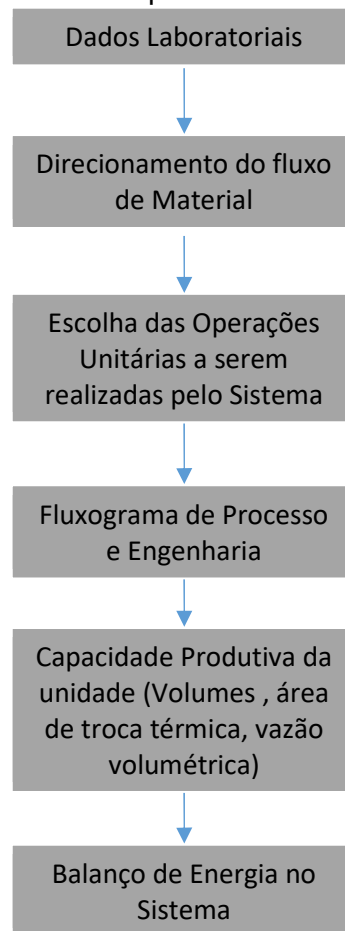
Fonte: elaborado pelo autor.

3.8 Engenharia básica da unidade piloto

A engenharia básica do sistema foi realizada levando em consideração o balanço da massa visceral encontrada na tilápia em cativeiro. Com isso, e de acordo com os dados laboratoriais, foi realizada a etapa de desenvolvimento de fluxograma de processo e engenharia do sistema destinado à extração das vísceras de tilápia do Nilo. Para tanto, foi seguido o procedimento verificado no fluxograma de blocos da Figura 47.

Neste fluxograma, estão apresentadas as etapas para a concepção da unidade. E, com o auxílio de dados físico-químicos, as etapas destinadas aos cálculos de engenharia, volumes, escoamento e esforços mecânicos foram obtidos. E, desta forma a escolha dos equipamentos (reatores, trocadores de calor, e tc) foi realizada. E, após a escolha, foi realizado o desenvolvimento de fluxograma de processo e automação (P&ID) e, com isso, foi realizado o estudo da capacidade volumétrica e balanços de massa e energia.

Figura 47 - Fluxograma de blocos das etapas envolvidas na engenharia básica do sistema



Fonte: elaborado pelo autor.

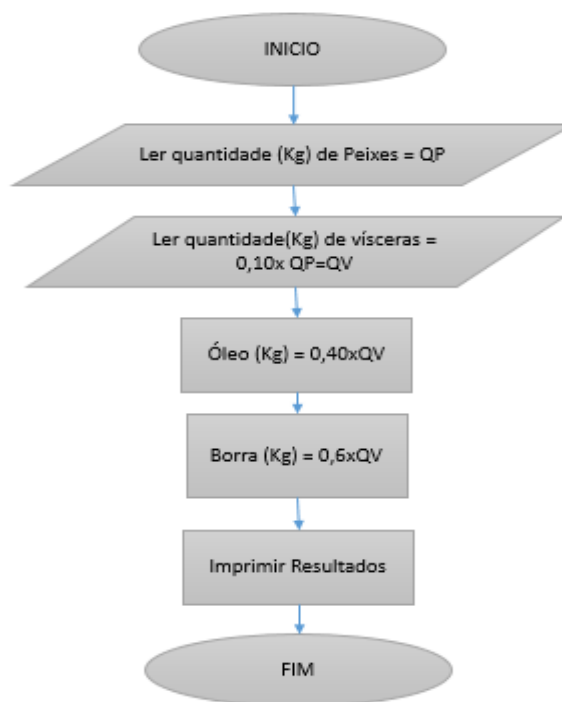
3.9 Engenharia detalhada da unidade piloto

A engenharia detalhada do sistema foi realizada utilizando dos dados obtidos em laboratórios e com auxílio da engenharia básica desenvolvida. Para tanto, foram utilizados dados de temperatura, pressão e propriedades físico-químicas, da borra e do óleo, obtidas em laboratório. Os desenvolvimentos após a obtenção das etapas decorridas da engenharia básica (Figura 47) seguiram de forma que os volumes e capacidades dos tanques, reatores e trocadores de calor fossem apresentadas em suas pranchas descritivas (desenhos técnicos). Para a modelagem foi utilizado o SolidWorks® 2012. Os desenhos técnicos foram desenvolvidos respeitando normas de fabricação (ASME Sec. VIII, TEMA).

3.10 Desenvolvimento de Software de acompanhamento da produção na Máquina (BIOFISH)

De modo que fosse obtida uma melhor qualidade e capacidade produtiva, foi desenvolvido um software que tem por objetivo acompanhar a quantidade (kg) e a qualidade, em termos de acidez (mgKOH/g) do óleo durante sua produção. Na Figura 48 é apresentado o fluxograma para o cálculo da quantidade de óleo e borra que será gerado quando do processamento das vísceras de Tilápia do Nilo. Com isso, foi proposto e desenvolvido o software Biofish (já registrado) sobre uma plataforma de programação matemática Octave que segue o padrão do conhecido software Matlab.

Figura 48 - Fluxograma da etapa de extração do óleo e borra de tilápia do Nilo



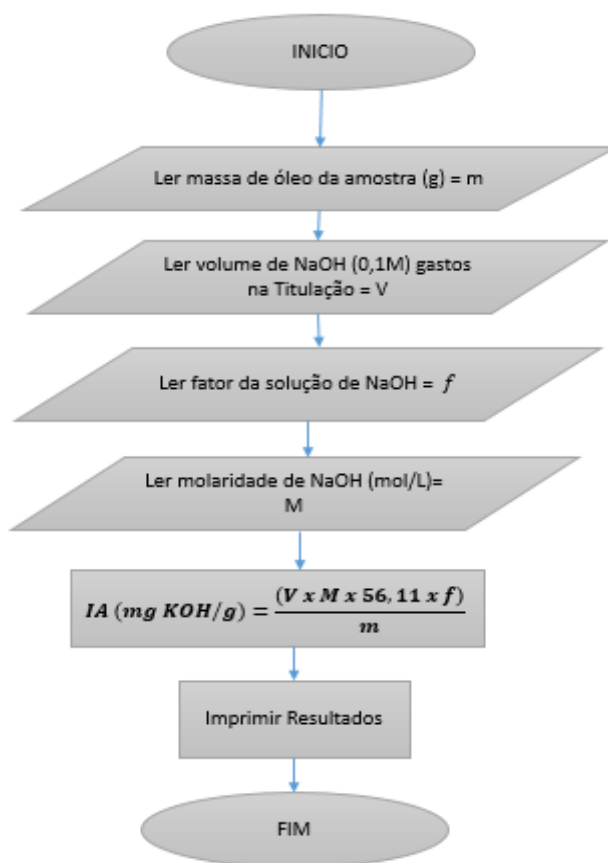
Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse fluxograma, seguindo a lógica de operacionalidade do sistema, foi realizado um balanço de massa em termos da quantidade de peixe abatido e percentual de massa visceral que corresponde a espécie de pescado. Após os balanços foram impressos os valores correspondentes à quantidade de óleo e quantidade de borra que serão gerados no processo de extração.

O valor agregado ao óleo foi atribuído a sua qualidade final. Com isso, uma das janelas foi desenvolvida de maneira que seja monitorado a qualidade do óleo ainda no momento do processamento.

Na Figura 49 é apresentado o fluxograma no qual será implementada a rotina de cálculo da acidez do óleo. Para tanto, a rotina segue a metodologia apresentada no cálculo de acidez descrito no item 3.7.1. Ao fim da rotina o programa irá imprimir os resultados de quantidade e qualidade do óleo extraído das vísceras de tilápia. Ao fim das duas rotinas, o piscicultor terá em mãos dados preliminares da quantidade de óleo obtido durante a extração do óleo.

Figura 49 - Fluxograma da etapa de análise de acidez do óleo extraído.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.11 Testes de capacidade produtiva na unidade piloto

A máquina foi projetada para seguir as condições laboratoriais em termos de vísceras selecionadas. Com isso, impurezas como escamas, guelras e restos de pescados devem

permanecer fora do processamento. Foram estipulados tempos de retenção em cada equipamento de maneira a otimizar a produção de óleo à partir das vísceras. Na Figura 50, é apresentado as diferentes formas de vísceras na qual o monitoramento da qualidade deverá ser intensificado. Uma vez que a máquina foi projetada para trabalhar com vísceras selecionadas, estas não poderão possuir contaminantes.

Figura 50 – Amostras de vísceras coletadas: (a) Vísceras não selecionadas, (b) Vísceras selecionadas



Fonte: elaborado pelo autor.

A produção de óleo, a partir das vísceras, seguiu a mesma sequência aplicada em laboratório. Para tanto, foi realizado escalas de turnos na qual foram realizados testes de produtividade. E, com isso, buscamos obter a replicação da qualidade do óleo o qual foi obtida em testes laboratoriais. Com isso, foram avaliadas as produtividades por turno de operação. Parâmetros de temperatura e pressão foram monitorados na obtenção de amostras a serem avaliadas em laboratório.

Na Tabela 18 é apresentada a sequência na qual foram realizados os testes no sistema Biopeixe. No acompanhamento da produção, a sequência produtiva foi acompanhada da avaliação mássica e energética de cada etapa.

Tabela 18 – Tabela destinada ao acompanhamento de cada batelada processada

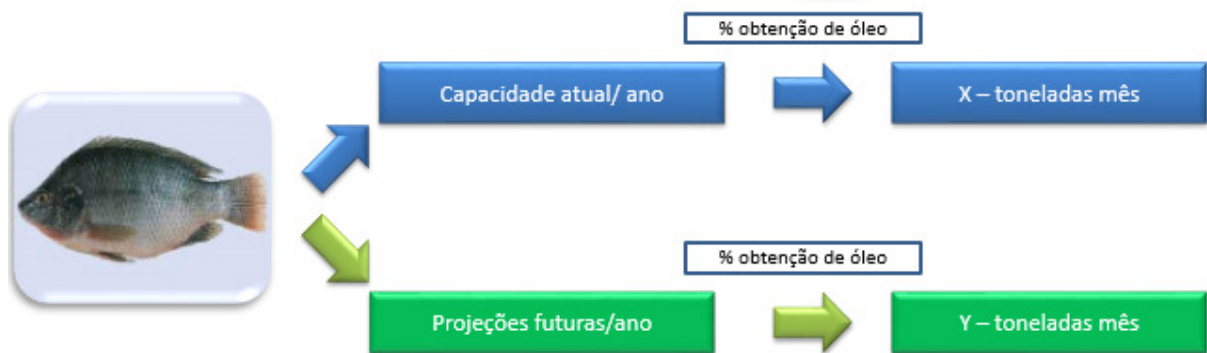
BATELADA XXXVVYYZZ			
Operação	Temperatura	Quantidade processada	Tempo de Processamento
Cocção			
Decantação			
Secagem			

Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, cada batelada terá a codificação XXVVYYZZ que corresponderá, respectivamente, ao número da batelada, dia, mês e ano. E, após a obtenção desses dados produtivos, já em posse de dados de balanço de massa, serão estipulados em termos reais a capacidade produtiva de peixes pela comunidade de piscicultores. Dessa forma, ao fim dos testes com de produtividade com o sistema foi possível obter um mapa da produtividade de óleo e borra de oriundos das vísceras de Tilápia do Nilo.

Partindo do peixe como fonte de vísceras, obtemos a capacidade produtiva anual de óleo (Parte lipídica) e borra (parte proteica. Na Figura 51 é apresentado, de forma sucinta, o método a partir do qual será estimado a produção de óleo a partir das vísceras. Uma vez que a produção depende do volume de água no reservatório do Açude Castanhão, foi estimada uma capacidade tomando por base o volume de água acumulada.

Figura 51 - Fluxo de material a ser obtido na linha produtiva de óleo extraído de vísceras



Fonte: elaborado pelo autor.

3.12 Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE)

A unidade desenvolvida trata-se de um equipamento de pequeno porte. Com isso, a metodologia a ser aplicada no que tange o escopo do projeto foi baseada em uma plataforma que possa ser aplicada a equipamentos, mesmo que em caráter industrial, abrangesse a sistemática para o tipo de desenvolvimento apresentado. Com isso, capital total investido foi calculado pelos dados apresentados na Tabela 19 obtida em Peters et al. (1991), onde os típicos valores de custo de componentes do capital fixo são apresentados em termos percentuais. Os custos diretos e indiretos estão especificados para terreno, desenvolvimento local, instalação de equipamentos e auxiliares. Segundo Peters et al. (1991) os tais termos percentuais são baseados na experiência industrial moderna.

O estudo de viabilidade técnica e econômica foi realizada com base nos resultados obtidos a partir da elaboração do Balanço Patrimonial, do Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE), do Fluxo de Caixa e da análise do Ponto de Equilíbrio.

Nesta etapa foram utilizados dados da Literatura e a ferramenta Excel (KRAYCHETE, 1997; SAMANEZ, 2009; CASSAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2011; ASSAF NETO, 2007).

Parâmetros de custo foram obtidos da literatura Sieder (2004), Zhang et al. (2003), e Coulson e Richardson (1999) na Tabela 19 abaixo. De acordo com Buarque (1984), a depreciação é o valor contábil adicionado ao custo de produção para compensar o desgaste das instalações e equipamentos em geral. Os países do terceiro mundo fixam esses períodos em 10 anos para máquinas e equipamentos.

Tabela 19 - Capital Total investido (Métodos Percentuais)

Custos Diretos	
Descrição	Faixa percentual do capital fixo (%)
Aquisição dos equipamentos	15-40
Instalação dos equipamentos	6-14
Instrumentação	2-8
Tubulações	3-20
Instalação Elétrica	2-10
Prédio (Edifício)	3-18
Melhoria na Área	2-5
Instalação de serviços utilidades	8-20
Terreno	1-2
Custos Indiretos	
Descrição	Faixa percentual do capital fixo (%)
Engenharia e Supervisão	4-21
Despesas Adicionais	4-16
Contratos	2-6
Contingencias	5-15
Custo Fixo (Custos diretos e indiretos)	
Capital de giro (15% dos custos fixos)	
Capital total investido (custo fixo +capital de giro)	

Fonte: Peters et al. (1991).

O capital de giro foi considerado igual a 15% do capital fixo enquanto o custo referente a manutenção e reparos foi estimado em 6% do capital fixo (ZHANG et al., 2003^a). Os demais parâmetros utilizados nesta estimativa de custo, baseados nos trabalhos de Zhang et

al. (2003) e West et al. (2008), são testes laboratoriais (15% da mão de obra operacional), trabalho de supervisão e escritório (1,5% do capital fixo), suprimentos operacionais (15% de mão de obra e reparos), patentes e royalties (3% do custo de manufatura), taxas locais (1,5% do custo capital fixo), distribuição e venda (10% do custo de manufatura), pesquisa e desenvolvimento (5% do custo de manufatura), Outras despesas, embalagem e armazenamento (60% da soma da mão de obra operacional e manutenção e reparos) e custos administrativos (25% do custo).

Quanto aos métodos e critérios de decisão na análise, serão utilizados os mais aceitos atualmente para medir a rentabilidade e analisar a viabilidade econômica das alternativas de investimento com base em Samanez (2009) e Cassarotto Filho e Kopittke (2011): método do **Valor Presente Líquido (VPL)**, método da **Taxa Interna de Retorno (TIR)** e método do **Payback**.

Valor Presente líquido: Este método tem como finalidade calcular, em termos dos valores no tempo presente, o valor causado pelo impacto dos eventos futuros que contemplam o investimento. Ou seja, este método mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo do tempo de vida estimado (Equação 8).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{1 + (1 + K)^t} \quad \text{Eq.(8)}$$

Em que:

FC_t - fluxo de caixa no t-ésimo período;

I - investimento inicial;

K - custo de capital.

Com isso, o VPL tem por objetivo encontrar alternativas de investimento que valham mais do que poderá valer aos investidores. Nesta avaliação é realizada o levantamento entre o consumo presente, consumo futuro e a incerteza associada aos fluxos de caixa futuros. Como regra decisória deste método de avaliação tem-se que, caso o VPL seja positivo o projeto é considerado como viável.

- Taxa Interna de Retorno: Este método não tem como finalidade, direta, a avaliação da rentabilidade absoluta a determinado custo de capital (rentabilidade), como segue o

objetivo do VPL. Contudo, objetiva encontrar uma taxa de rendimento de retorno do investimento. Se considerarmos a Equação 9, a TIR é uma taxa que anula o VPL.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{1 + (TIR)^t} = 0 \quad \text{Eq.(9)}$$

E, nesta metodologia a regra de decisão foi abordada tomando como base, a priori, o fato de se obter uma fração percentual superior que o retorno estimado em projeto. Caso isso, seja obtido durante a avaliação, o projeto será considerado aceitável a sua implantação.

- Payback: Nesta avaliação, será acentuada a busca pelo período de retorno do investimento. Ou seja, em quanto tempo o investimento será recuperado e, a partir de qual período será verificado uma lucratividade em torno do projeto. Para, tanto, nesta avaliação será verificado o tempo de retorno na implantação do sistema piloto em cooperativas produtoras de pescados.

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad \text{Eq. (10)}$$

Em que:

T - período de *Payback*

- Ponto de equilíbrio operacional: Na avaliação do projeto de implantação de sistemas destinados a extração do óleo de vísceras de peixes, foi encontrado, de maneira a prever a quantidade mínima de matéria-prima para obtenção de óleo, sem que se tenha prejuízos, o ponto de equilíbrio operacional do equipamento. O ponto de equilíbrio indica a que nível de produção a receita total e o custo total são iguais, ou seja, não há lucro nem prejuízo. Esta avaliação foi realizada junto a esta unidade, pois a determinação do tempo de operação diário através do qual a máquina irá gerar uma lucratividade é de extrema importância econômica.

$$(RT = CT) \quad \text{Eq. (11)}$$

- Análise de sensibilidade: apresentará o valor presente líquido que será obtido considerando o isolamento de fatores que, permanecendo todo o resto igual, induzem mudanças significativas no projeto e na decisão de investimento.

Neste trabalho os resultados serão obtidos e avaliados com auxílio de todas as técnicas e metodologias descritas neste capítulo. No Capítulo 4 foram apresentados os resultados e as discussões geradas após a obtenção destes.

4 RESULTADOS E DISCURSOES

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos em escala laboratorial e apresentar as condições necessárias ao projeto executivo, fluxograma de automação, construção, testes de eficiência do sistema proposto, análise de custos, retorno financeiro e por fim, a viabilidade técnica e econômica do desenvolvimento da unidade piloto destinada à extração do óleo de rejeitos de pescados.

4.1 Caracterização físico-química

4.1.1 Caracterização físico-química do óleo extraído das vísceras da tilápia

Os ensaios físico-químicos realizados na análise de óleos e gorduras são geralmente denominados índices (DIAS, 2009). Estes são propriedades físico-químicas dos compostos em análise e não a percentagem de seus constituintes, que em conjunto das reações qualitativas servem para avaliação e identificação dos seus compostos (Tabela 20) (DIAS, 2009). Os ensaios de caracterização do óleo de Tilápia foram realizados conforme metodologia A.O.C.S. (American Oil Chemical Society).

Tabela 20 – Parâmetros físico-químicos do Óleo de vísceras de Tilápia

Parâmetros	Valores e desvio	Unidades	Normas
Índice de acidez	0,145	mgKOH/g	A.O.C.S
Índice de iodo	82,61	gI ₂ /g	EN 14111
Índice de saponificação	165,36	mgKOH/g	A.O.C.S
Índice de peróxido	13,94	mg KOH/g	A.O.C.S
Índice de refração	1,468	Adimensional	A.O.C.S
Massa específ. à 20°C	914,22	Kg/m ³	ABNT NBR 14065
Estabilidade oxidativa	5,417	Horas	EN 14112
Viscosidade à 40°C	37,07	mm ² /s	ABNT NBR10441
Umidade karl fisher	583,02	mg/kg	ASTM D- 6304

Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.2 Caracterização físico-química do biodiesel obtido do óleo extraído das vísceras de tilápia

As análises físico-químicas foram conduzidas segundo metodologias recomendadas pela ANP, excetuando-se o ensaio de glicerina livre e total, quanto aos teores de água, índice

de acidez, viscosidade cinemática a 40 °C, massa específica a 20 °C, índice de iodo e estabilidade oxidativa a 110 °C, conforme se revela a seguir (Tabela 21):

Tabela 21 - Caracterização Físico-Química de Biodiesel metílico de Visceras de Tilápia

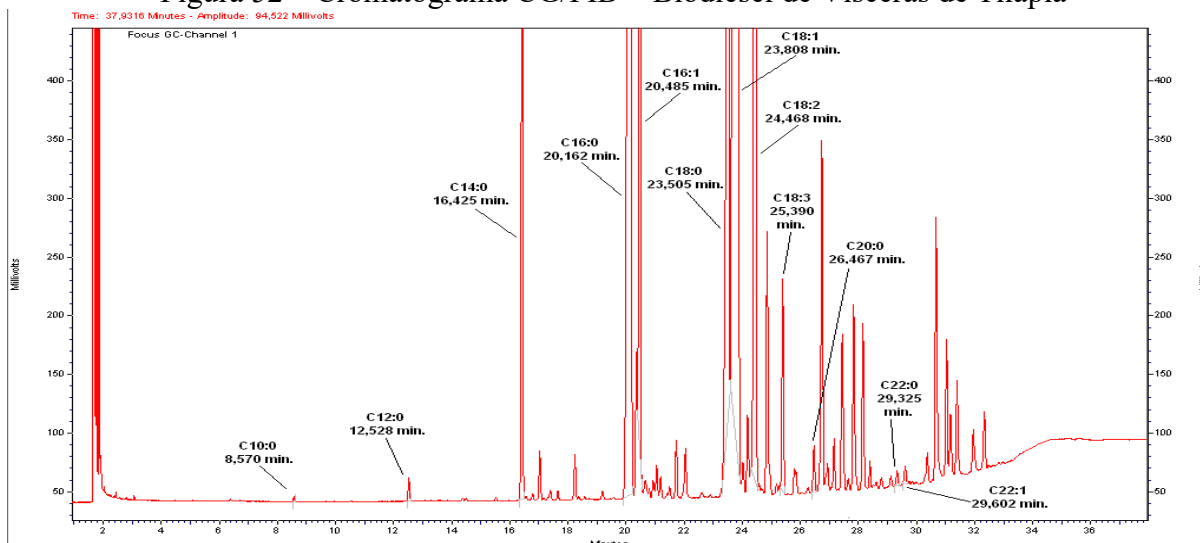
Parâmetros	Valores e desvios	ANP	Norma	Unidade
Índice de acidez	0,217	0,5 (máx.)	TECBIO NLB A – 0601	mgKOH/g
Índice de iodo	83,29	Anotar	EN 14111	gI ₂ /g
Glicerina livre	0,0163	0,02 (máx.)	ASTM D – 6584	%
Glicerina total	0,3175	0,25 (máx.)	ASTM D – 6584	%
Massa específica à 20°C	875,64	850 - 900	ABNT NBR 14065	Kg/m ³
Estab. Oxidativa (sem antioxidante)	5,80	6,0 (mín.)	EN 14112	Horas
Estab. Oxidativa (ác. Gálico)	13,44	6,0 (mín.)	EN 14112	Horas
Viscosidade à 40°C	4,53	3,0 – 6,0	ABNT NBR10441	mm ² /s
Umidade karl fisher	253,58	500 (máx.)	ASTM D- 6304	mg/kg
Poder calorífico	39,76	-	-	Mj/Kg

Fonte: elaborado pelo autor.

O biodiesel ao final das etapas de lavagem foi desumidificado à temperatura de 110°C, por tempo de 30 minutos e secado à vácuo com sulfato de sódio anidro. Somente após o cumprimento de todas essas etapas, o mesmo foi submetido à avaliação físico-química e determinação de seus parâmetros.

Com relação ao perfil cromatográfico (Figura 52) dos ésteres metílicos presentes no biodiesel de tilápia, pôde-se constatar a presença majoritária de ésteres oleico (C18:1) – 36,56%, palmítico (C16:0) – 23,97%, linoleico (C18:2) – 20,79%, palmitoleico (C16:1) – 5,42%, esteárico (C18:0) – 3,24%, mirístico (C14:0), linolênico (C18:3) – 2,89%, araquídico (C20:0) – 0,21%, erúcido (C22:1) – 0,12%, láurico (C12:0) – 0,08%, behénico (C22:0) – 0,04%, láurico (C12:0) – 0,02%, dentre outros componentes minoritários, como se observa no cromatograma a seguir:

Figura 52 – Cromatograma CG/FID – Biodiesel de Visceras de Tilápia



Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.3 Caracterização da Borra

O ensaio de determinação do teor de proteínas (polímero de aminoácidos que contém em sua composição quantidades de nitrogênio, carbono, oxigênio, dentre outros) foi realizado para que a partir dos seus valores, fosse possível calcular o percentual de nitrogênio presente na amostra de borra. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 22. Tais ensaios foram realizados em duplicatas. Com isso, procurou-se ter uma maior confiabilidade da análise realizada. Na duplicata realizada foi obtido, em média, um percentual de proteína de 2,340 (%/100g).

Observou-se que o valor médio de nitrogênio permaneceu na ordem de 0,33% para cada 100 gramas de amostra. Considerando que o percentual de nitrogênio é vinculado ao valor proteico da matéria, pôde-se observar que a borra resultante das vísceras de tilápia apresenta um baixo poder potencial quando utilizada sozinha como fonte de nitrogênio. Durante o processo de compostagem a perda de nitrogênio pode ser muito elevada, podendo chegar a 50%. Assim sendo, o processo de compostagem necessita de uma relação elevada de C/N. Afinal, com uma baixa relação de C/N, o nitrogênio poderia ficar em excesso, ocasionando a perda deste na forma de amoníaco, causando odores desagradáveis (KIEHL, 1985).

O ensaio de determinação do conteúdo de água e material volátil revelou, conforme descrito Tabela 23, que a maior parte do conteúdo presente na amostra de borra tratava-se de água. Apenas 3,82 % da borra não correspondeu a voláteis a 105°C.

De acordo com o estudo apresentado por Alexander (1977), 90% da composição dos micro-organismos envolvidos no processo de compostagem é formada por água. Durante a compostagem ocorre a produção de novos micro-organismos e a água necessária à formação destes é removida do meio.

Markel (1987) relata que a faixa de umidade ótima para obtenção de um máximo de decomposição estaria entre 40 a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois seria necessária a existência de um adequado suprimento de água para promoção do crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorressem adequadamente durante todo o processo.

Desta forma, levando-se em consideração a umidade encontrada na borra e os estudos já realizados por outros autores (INACIO; MILLER, 2009; KIEHL, 1998), foi possível concluir que a utilização do rejeito de tilápia não é afetada pela quantidade de água, visto que a mesma poderá ser consumida durante a própria compostagem. Sendo assim, representa uma fonte que poderá ser utilizada como matéria-prima na produção de alimentos.

A partir dos dados obtidos, pôde-se concluir que o percentual de carbono presente na amostra de borra é de aproximadamente 4,97% da massa de amostra avaliada.

O valor encontrado para este estudo é bastante baixo. Amostras de outros subprodutos que podem ser utilizados como fontes de biofertilizantes apresentam valores bastante superiores aos encontrados nesta avaliação. Com isso, o incremento de outras fontes de carbono tais como serragem de madeira e cascas de arroz (KIEHL, 1998) aumentará essa relação de carbono e aumentará a efetividade o biofertilizante obtido das vísceras de tilápia do Nilo.

Tabela 22 – Resultados de testes com a borra

Ensaíos	Resultado
Teor de Proteína (%/100g)	2,34
Teor de nitrogênio (%/100g)	0,33
Umidade (%m/m)	96,18
Resíduos (Cinzas) (%m/m)	1,15

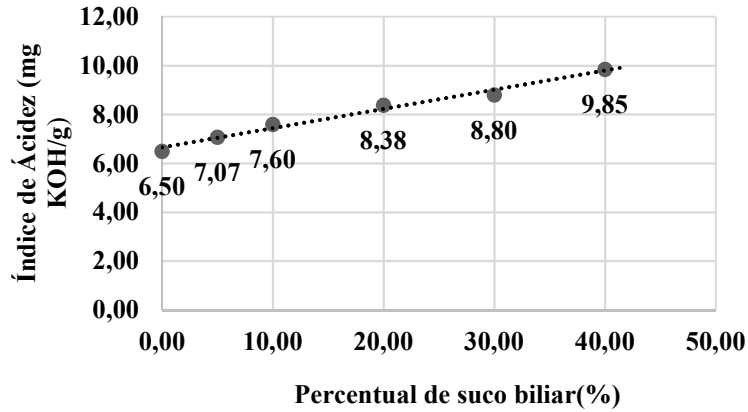
Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.4 Incremento de suco Biliar

O resultado da influência do percentual de suco biliar no óleo extraído é mostrado na Figura 53. É possível verificar que a acidez do óleo saiu de 6,50 mg de KOH/g, sem a

presença de suco biliar, para uma acidez de 9,85 mg de KOH/g com um percentual de 40% em bÍlis.

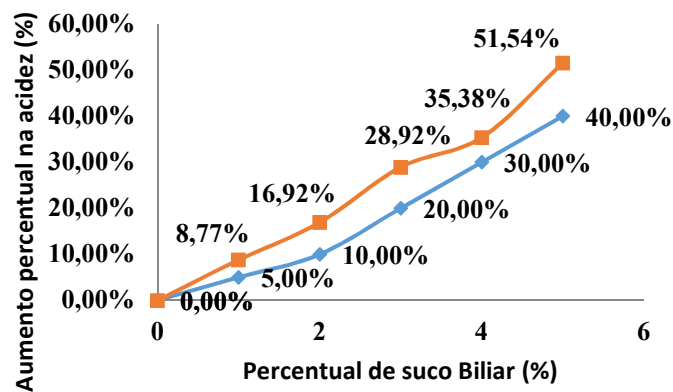
Figura 53 – Influência do aumento percentual do suco biliar na acidez do Óleo



Fonte: elaborado pelo autor.

Na avaliação do aumento percentual, os valores de 20% e 40% apresentaram as maiores variações no aumento da acidez no Óleo final. Para esses, o aumento de 28,92% e 51,54% foram verificados. Assim, podemos verificar que para aumentos superiores a 5% de presença de suco biliar, o Óleo produzido por cocção de vísceras de tilÁpia poderá sofrer elevadas variações em sua acidez (Figura 54).

Figura 54 – Variação percentual da acidez pelo acréscimo do percentual de suco biliar



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de índice de refração e viscosidade apresentados constataram que o aumento percentual de suco biliar sobre a massa de óleo não afetou o resultado final. Para o índice de refração, o valor médio ficou aproximado em 1,46. Com isso, pode-se concluir que aumentos no suco biliar não irão ocasionar qualquer mudança visual no óleo.

4.2 Desenvolvimento da unidade piloto

4.2.1 Engenharia básica e detalhada dos sistemas

A obtenção de dados laboratoriais para a etapa de extração do óleo das vísceras é apresentada na Tabela 23. Os dados apresentados nos possibilitou a indicação das principais operações unitárias e equipamentos que constituem a máquina de extração do óleo das vísceras de tilápia.

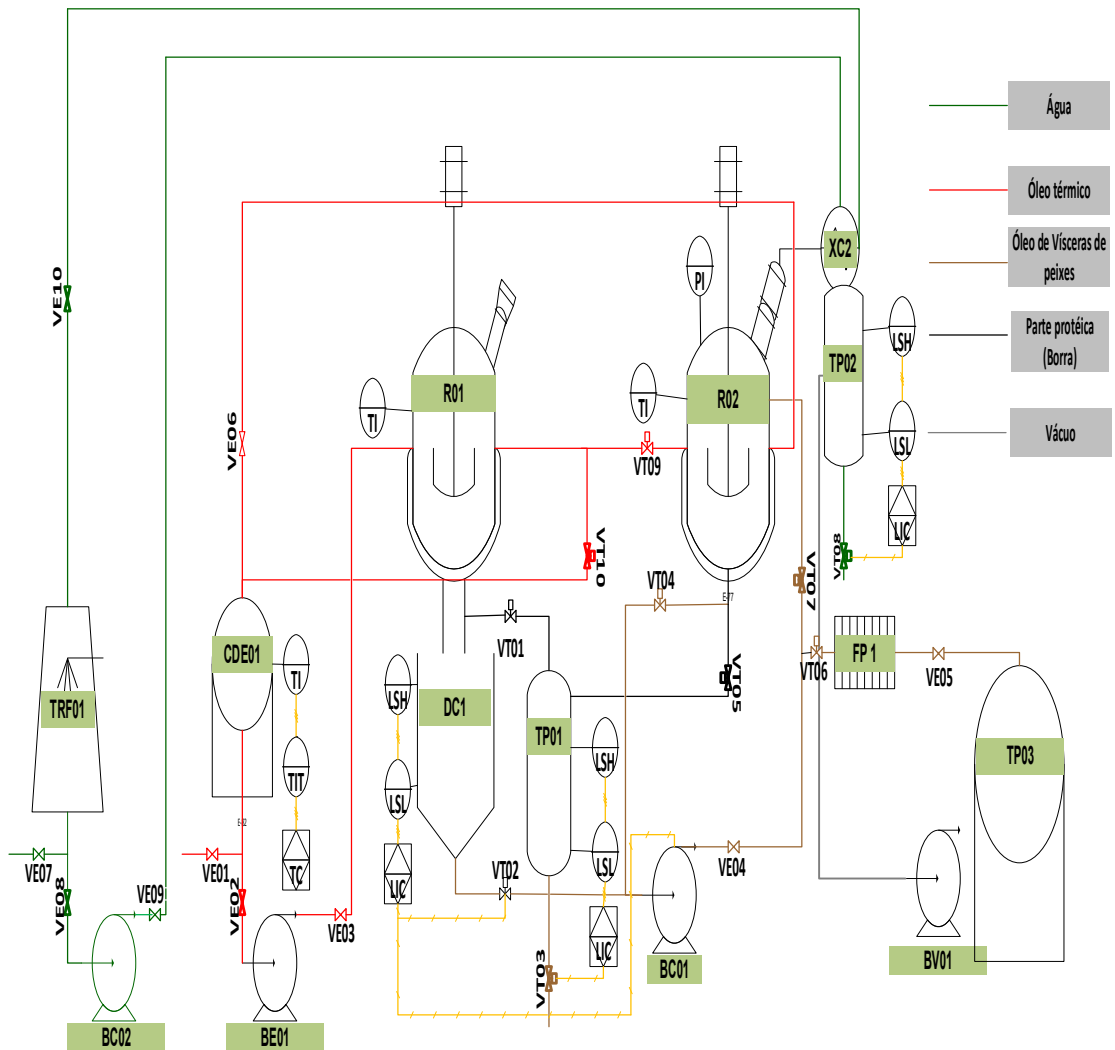
Tabela 23 - Etapas envolvidas no desenvolvimento da unidade de extração de óleo

Etapas	Tempo de residência (minutos)	Condições PVT	Equipamento Necessário	Função
Coccao	20	60 °C	Reator com serpentina	Extração física do óleo
Decantação	15	Velocidade terminal	Decantador	Separação da fase oleosa da fase aquosa
Degomagem	15	80 °C	Reator com Serpentina	Extração de borra e fosfolipídios
Secagem	10	110°C	Condensador, sistema de aspersão, sistema de vácuo	Retirada de água do meio.
Filtração	2	20 micrometros		Limpeza final do óleo

Fonte: elaborado pelo autor.

O Fluxograma (Figura 55) apresenta a configuração dos equipamentos que possuem a finalidade de extrair, segundo as etapas laboratoriais, o óleo das vísceras. O sistema de extração do óleo é constituído de reatores, decantadores, trocadores de calor e trocadores destinados à condensação dos vapores formados. A equivalência dos ensaios laboratoriais e as operações unitárias escolhidas tornam possível a reprodução e melhorias na produção em maior escala.

Figura 55 – Fluxograma de processo – Unidade de extração de óleo



Fonte: elaborado pelo autor.

A relação de equipamentos e seus respectivos TAG'S é mostrada na Tabela 24. Todas as dimensões foram calculadas utilizando tempos de resistência obtidos no processo de pesquisa laboratorial.

Tabela 24 - Listagem dos equipamentos existentes no sistema

TAG	Equipamento	Função
TRF01	Torre de refrigeração	Refrigerar os vapores de água gerados na secagem do óleo.
CDE01	Caldeira elétrica	Aquecer os reatores R01 e R02.
R01	Reator de cocção	Realizar a cocção das vísceras processadas.
R02	Reator de degomagem e secagem	Realizar a purificação do óleo extraído.
DC01	Decantador de borra	Realizar a separação entre a fração proteica e a fração oleica.
TP01	Tanque de coleta de borra	Armazenamento da parte proteica das vísceras.
TP02	Tanque de coleta de água condensada	Armazenar a água removida do óleo degomado.
TP03	Tanque de coleta de óleo	Armazenar o óleo purificado final.
FP01	Filtro prensa	Remoção de particulados que não tenham sido removidos na decantação e degomagem.
BC01	Bomba centrífuga	Bombear o óleo extraído das vísceras
BC02	Bomba centrífuga	Bombear água de refrigeração
BE01	Bomba de engrenagem	Bombear óleo térmico aquecido em direção aos reatores.
BV01	Bomba de vácuo	Redução da pressão interna ao reator de degomagem durante a secagem do óleo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Estudos de compatibilidade de materiais da indústria química estão sendo realizados de forma a obtermos parâmetros de corrosividade e abrasividades. O sistema foi construído utilizando chapas grossas, as quais seguiram padrões de engenharia e as normas construtivas. Os equipamentos e a utilização com a norma exigida são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Normas utilizadas na construção do sistema

TAG	Material construtivo	Norma de fabricação
R01	Aço iNOx 304	ASME Sec. VIII Div.1
DC1	Aço carbono de qualidade estrutural	ASME (American Society of mechanical Engineer)
TP01	Aço carbono de qualidade estrutural	ASME (American Society of mechanical Engineer)
TP02	Aço carbono de qualidade estrutural	ASME (American Society of mechanical Engineer)
TP03	Aço carbono de qualidade estrutural	ASME (American Society of mechanical Engineer)
XC01	Aço iNOx 304	TEMA

Fonte: elaborado pelo autor.

A utilização de aços liga carbono de qualidade estrutural torna-se necessária pelo fato do equipamento, embora seja uma unidade piloto, ser um sistema de processo. As temperaturas as quais o mesmo poderá ser submetido podem ultrapassar valores superiores a 300⁰C, não trazendo, portanto, riscos de segurança durante os testes de implantação. Aços

iNOxidáveis e utilização de material para troca térmica, no caso do condensador, são utilizados, uma vez que o material a ser tratado e purificado apresenta ácidos graxos livres e, portanto, é corrosivo a certos materiais. O fator custo-benefício foi levado em consideração, pois esse sistema se apresenta patenteado e será utilizado nas comunidades menos favorecidas de forma a aumentar o ganho no setor pesqueiro.

O sistema foi construído utilizando o princípio de operação em batelada. A capacidade da máquina, em termos de produção, foi de 30 litros por hora. As dimensões dos equipamentos são mostradas na Tabela 26.

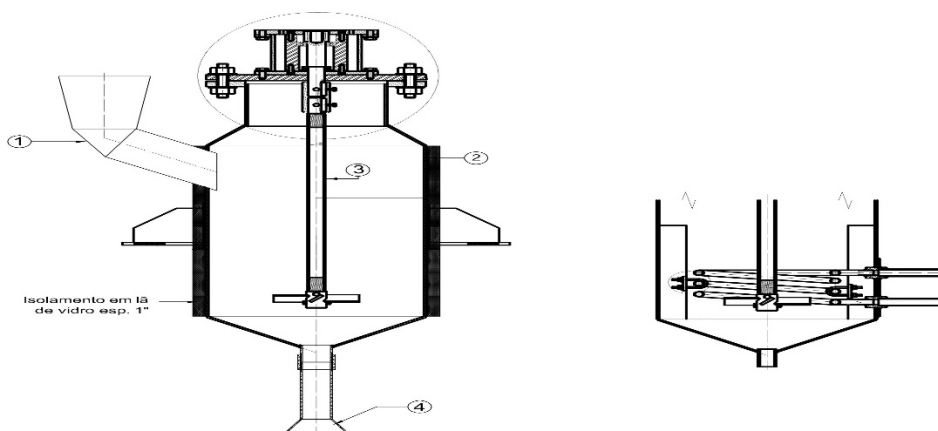
Tabela 26 – Descrição dos equipamentos que compõem a unidade piloto

Equipamento	TAG	Variável	Volume (Litros)
Reator de Cocção	R01	Volume de abastecimento, tempo reacional	60
Reator de Degomagem	R02	Tempo de degomagem	56
Decantador	DC1	Tempo de decantação, velocidade terminal	62
Tanque de coleta de Borra	TP01	Volume de material	200
Tanque de Coleta de condensados	TP02	Volume de material	60
Tanque de produto	TP03	Produção diária	120
Trocador de calor (Condensador)	XC01	Área de condensação.	-

Fonte: elaborado pelo autor.

A unidade piloto foi projetada por reatores com características diferenciadas, de maneira a tornar este sistema o mais compacto possível. O reator R01 possui chicanas cortantes e alimentação manual com bocal superior em forma de cone. O reator R02 possui sistema de aquecimento controlado e aquecimento via óleo térmico. Os reatores possuem acopladas às tubulações, visores de fluxo de forma a possibilitar a decantação de borra e decantação de água após a degomagem (R02). Devemos salientar que ambos os reatores possuem fundo em forma de cone de forma a facilitar a decantação. Estes parâmetros foram atribuídos ao sistema a partir dos dados laboratoriais obtidos em testes com as vísceras (Figuras 56 e 57).

Figura 56 – Reator de Cocção com detalhe da serpentina – Detalhes do sistema internamente: (1) Boca de alimentação, (2) Isolamento externo, (3) Eixo com pá de agitação, (4) Bocal de descarga



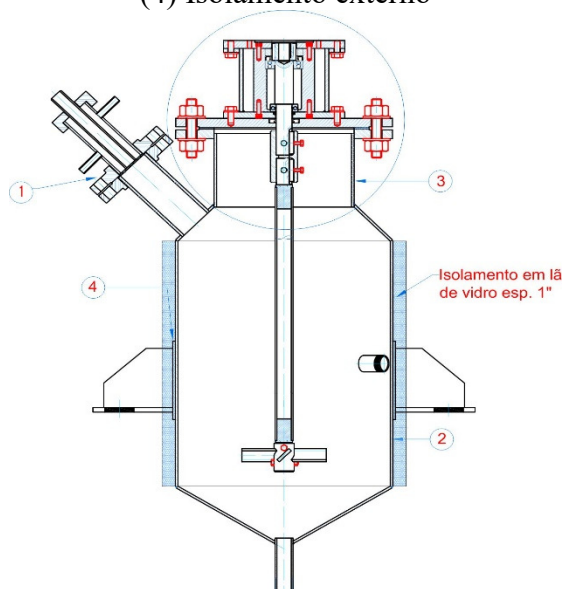
Fonte: elaborado pelo autor.

A configuração do reator de cocção foi realizada levando em consideração fatores da própria matéria-prima tais como: (i) compactação do material, (ii) dificuldade ao deslocamento dinâmico (vazão mássica), (iii) existência de particulados não solúveis (escamas e restos de material cartilaginoso). Estas considerações possibilitaram concluir a concepção das partes internas ao reator. Tais partes apresentam principal finalidade suprir falhas que poderiam ocorrer na etapa de operacionalidade do equipamento. Assim, o bocal de alimentação irá favorecer a entrada de material, o bocal de saída irá distribuir a óleo extraído bem como restos orgânicos de maneira uniforme no sistema posterior (decantação), bem como a existência de isolamento externo contribuirá para uniformidade no aquecimento e com isso, melhor extração e maior eficiência do equipamento.

O contato do material é realizado através de serpentinas internas ao equipamento. Este tipo de aquecimento possibilita que as vísceras internas ao sistema estejam continuamente sob agitação e em contato à superfície aquecida da serpentina.

O reator destinado à etapa de tratamento do óleo, afim de obter os parâmetros físico-químicos necessários a tornar o óleo nas condições necessárias a produção de biodiesel é apresentada na Figura 57.

Figura 57 – Reator de degomagem com detalhe da serpentina – Detalhes do sistema internamente: (1) Sistema com coalescedores, (2) costado do reator, (3) Castelo com gaxetas, (4) Isolamento externo



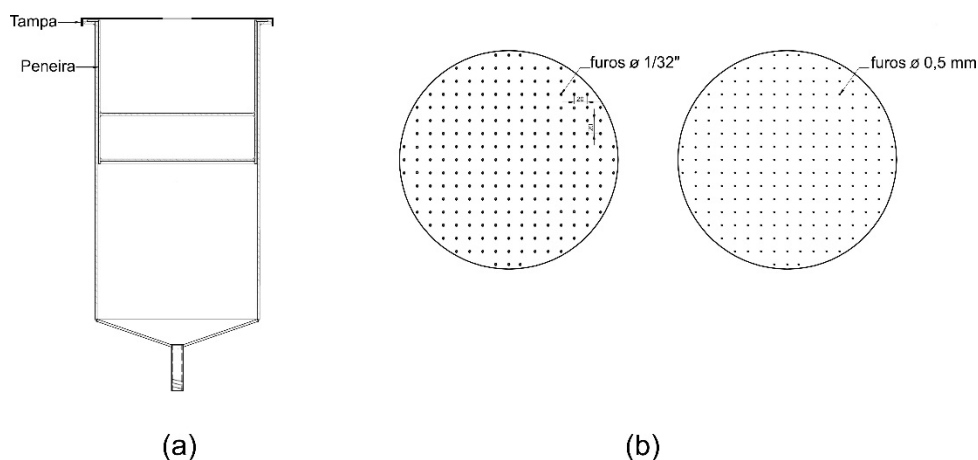
Fonte: elaborado pelo autor.

O reator de degomagem apresenta características únicas a esse equipamento e tem a finalidade de degomar o óleo, decantar a fase aquosa e secar o produto final. Essa configuração confere ao sistema uma característica de multipropósito: agitação (reação), decantação e secagem. As partes que compõem o reator, tais como: sistema de coalescência, resistência a baixas pressões (presença de vácuo) e perfil de decantação (cone na base inferior), fornecem ao sistema a possibilidade de apresentar uma maior performance tanto estrutural, uma vez que o mesmo é constituído em aço inox (resistência a corrosão), quanto em mecanismo de fluxo e velocidade terminal dos materiais mais densos.

A decantação da matéria orgânica, juntamente com o óleo extraído foi realizada no decantador verticalizado. O princípio utilizado para este equipamento leva em consideração a velocidade terminal do material particulado (escamas, restos orgânicos). Para tanto, foi considerado um tempo de decantação de 15 minutos, de acordo com testes laboratoriais. Com o auxílio da Figura 58 é possível observar as partes principais desse equipamento.

O sistema de decantação (DC1) (Figura 58) possui um jogo de bandejas selecionadoras que possibilitam a remoção de resíduos sólidos oriundos da etapa de evisceração. A distribuição da carga oriunda do reator R01 será realizada com auxílio de um cone distribuidor.

Figura 58 – Decantador vertical destinado a separação do material particulado. (a) decantador, (b) bandeija do decantador.

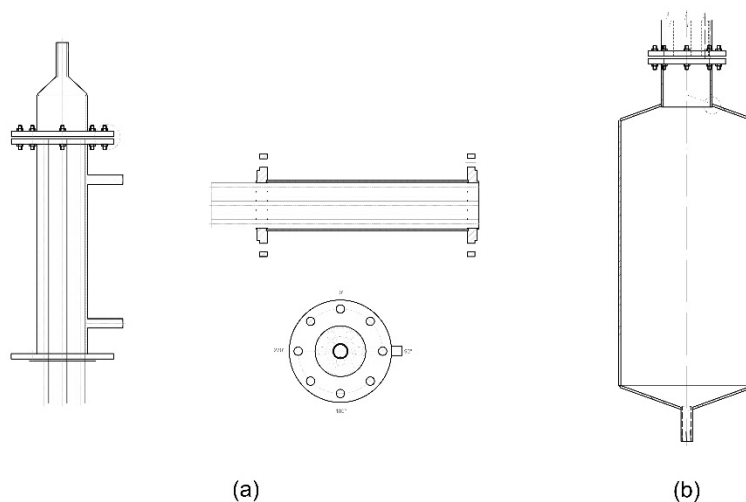


Fonte: elaborado pelo autor.

O sistema foi projetado de acordo com dados laboratoriais. O sistema possui duas bandejas. A primeira com furos de 30 meshes e a segunda com furos de 20 meshes. Essas dimensões, em testes laboratoriais, possibilitaram a remoção de partículas indesejáveis ao processo de produção de óleo em condições estabelecidas pela ANP. Cabe salientar que a parte de material que chamamos de borra (matéria orgânica), devido a sua característica aquosa, será retida na parte cônica do sistema de decantação. A remoção de outros particulados será realizada nas peneiras. Outros mecanismos de separação podem ser utilizados nesta etapa, como centrífugas por exemplo. No entanto o sistema apresentado possui um enfoque social e que seja de fácil manejo junto às comunidades em que deve ser instalado.

O sistema de secagem foi construído para realizar a desumidificação a partir do flesheamento “in situ” dentro do próprio reator. A faixa de temperatura será de 40 – 140⁰C. O vácuo de operação será de 20 – 80 mmHg. A distribuição de vapores foi projetada para operar por bicos aspersores de diâmetro entre – 0,2 e 0,5 mm. O sistema de condensação dos vapores foi projetado para reter os vapores gerados durante a etapa de secagem do óleo após este sofrer o processo de degomagem. Durante o processo todo o sistema que compõem a etapa de secagem (reator de degomagem, trocadores de calor, tanque pulmão) estará sob o vácuo definido durante o projeto. A redução de pressão neste ambiente possui como principal finalidade a não degradação do óleo. Este fato ocorre devido a quebra de duplas ligações nas cadeiras de ácidos graxos. Os equipamentos que compõem o sistema de condensação dos vapores são mostrados na Figura 59. Nesta imagem é possível observar as principais partes do referido sistema.

Figura 59 - Trocador de calor e tanque de coleta de condensados. (a) trocador de calor, (b) tanque de coleta de condensados



Fonte: elaborado pelo autor.

O setor de tancagem compreende tanques pulmões destinados à coleta de borra do processo (TP01) e tanque pulmão destinado ao armazenamento provisório do produto (TP01). Os equipamentos serão alocados em containeres em forma de esquides com espessuras capazes de suportar a carga dos equipamentos carregados. A descrição apresentada anteriormente é acompanhada com o auxílio do fluxograma de processo da unidade (Figura 53).

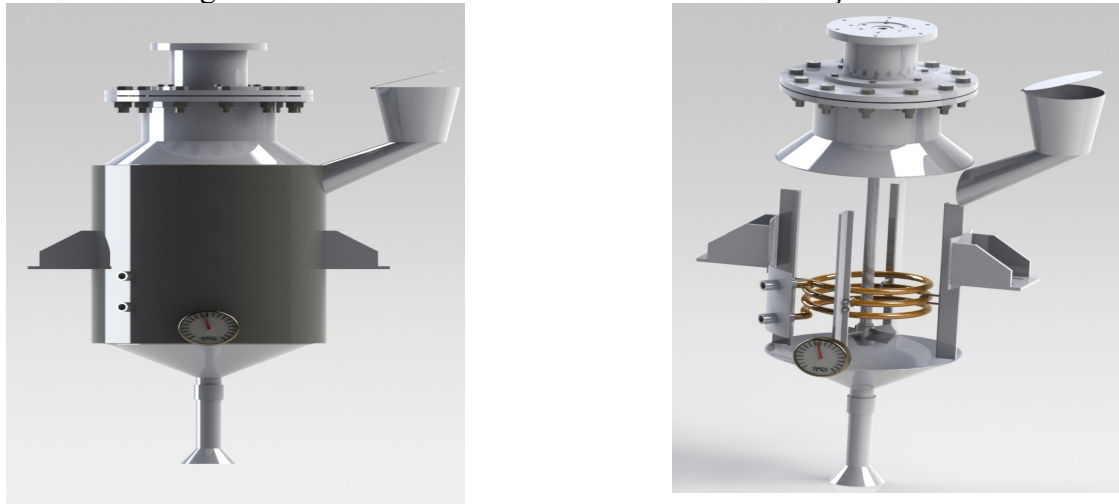
4.2.2 Modelagem Tridimensional do Sistema

A modelagem de cada um dos equipamentos que compõem a unidade é mostrada com o auxílio das figuras a seguir. A importância dessa etapa é compreendida na visualização de cada um dos equipamentos que irão compor o sistema por completo. Após a obtenção das vistas e posicionamento geométrico poderá, com isso, reduzir os erros de construção e montagem do equipamento.

O reator destinado à extração física do óleo (reator de cocção) é mostrado com auxílio da Figura 60. Nesse equipamento foram instalados sistemas de aquecimento, a citar: serpentina e indicadores de temperatura. A troca térmica para esse equipamento é possibilitada pela serpentina, que internamente circula óleo térmico e troca esse calor com a massa de vísceras que são abastecidos ao volume de 60L. Na figura é possível observar a quantidade de

voltas que o tubo da serpentina deverá dar dentro do equipamento, no caso 3. A boca de alimentação permite que o ambiente interno obtenha pressão igual à atmosférica. O bocal de saída do reator possibilita uma maior distribuição do material que será transferido ao sistema de decantação (DC1).

Figura 60 – Vista externa e interna do reator de cocção



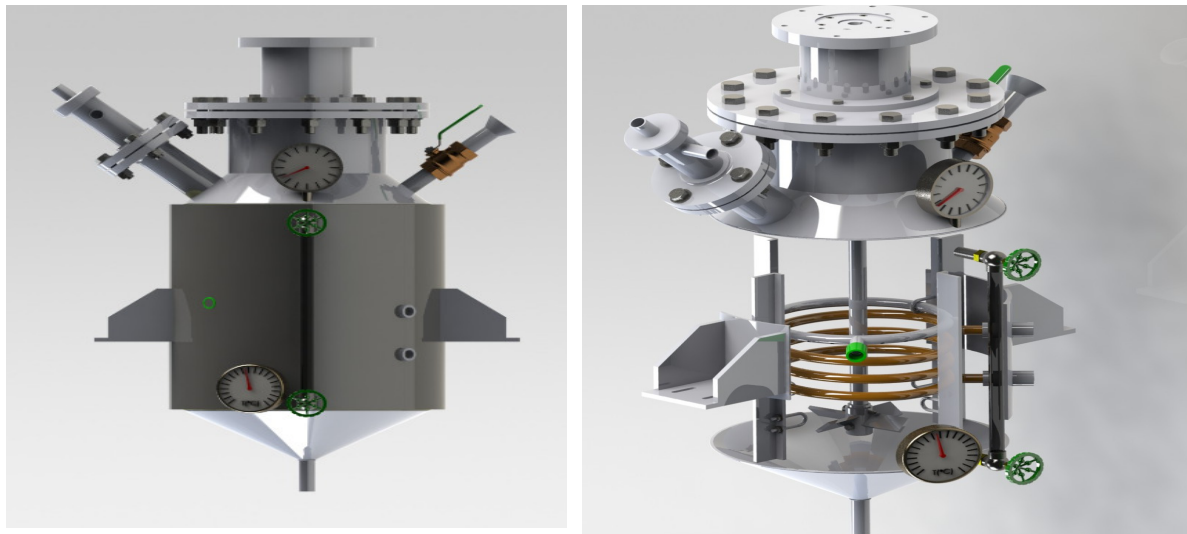
(a) Reator de Cocção – Modelagem externa

(b) Reator de Cocção – Modelagem interna mostrando serpentina, agitador instrumentação.

Fonte: elaborado pelo autor.

O segundo reator que compõem o sistema, reator de degomagem (R02), é mostrado na modelagem apresentada na Figura 61. Nesta apresentação espacial é possível observar o equipamento externo e internamente. Em ambos os casos é possível identificar o sistema destinado a reduzir o efeito do arraste de gotículas óleo pelo vácuo. Uma vez que o sistema foi projetado para operar à baixas pressões, foi instalado o indicador de pressão no topo do reator (Bourbon). Nesse sistema, a queda de pressão possibilita a utilização de temperaturas reduzidas, permitindo assim, menor agressão às cadeias com duplas ligações sendo que o óleo apresentou em análise laboratorial. Neste caso poderá utilizar temperaturas inferiores a 100°C , temperatura de ebulição da água que deverá ser removida durante este procedimento.

Figura 61 – Vista externa e interna (a) e interna (b) do reator de degomagem



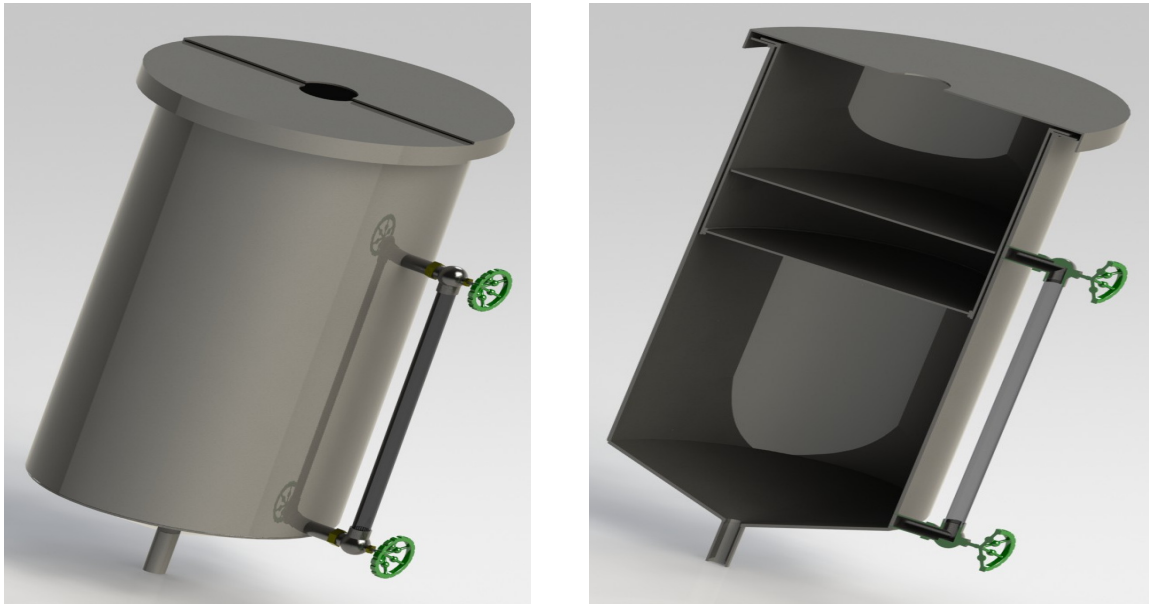
(a) Vista externa do reator de degomagem.

(b) Vista interna reator de cocção – Serpentina, visor de nível, alimentador de água, indicador de pressão tipo Bourbon, indicador de temperatura, distribuidor de fluxo.

Fonte: elaborado pelo autor.

O material após passar pela etapa de cocção é transferido por gravidade ao sistema de decantação verticalizado (DC1). A matéria oleaginosa e orgânica, associadas às escamas, oriunda do RT01 é distribuída uniformemente sobre as bandejas deste sistema com auxílio do bocal distribuidor existente no reator de cocção (R01). Neste sistema as bandejas com diâmetros diferentes (20 e 30 meshes) as partes com diâmetros diferentes são retidas e posteriormente acumuladas para que possam ser utilizadas em outras finalidades (compostagem). Na parte cônica do decantador será acumulada a porção orgânica aquosa que não ficaram retidas nas peneiras. Este material com característica aquosa será bombeado a um tanque de resíduos e posteriormente será reutilizado para outros fins. A configuração espacial 3D do decantador é mostrada na Figura 62.

Figura 62 - Vista externa e interna (a) e interna (b) do decantador



(a) Vista externa do decantador.

(b) Modelagem do decantador mostrando as duas peneiras com seus respectivos espessamentos.

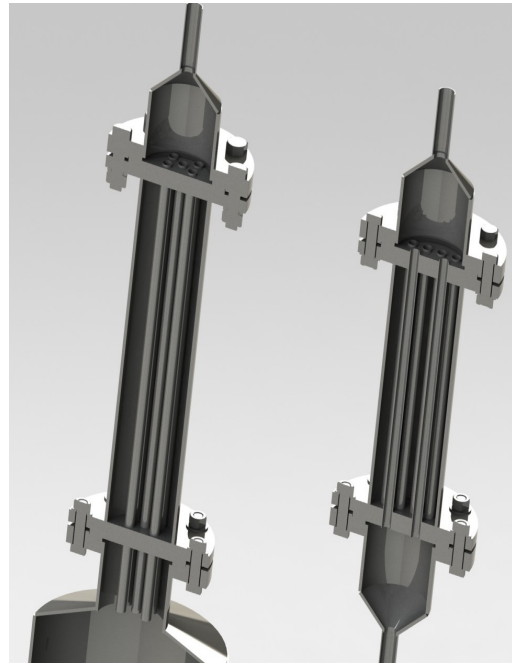
Fonte: elaborado pelo autor.

Uma das partes que compõem o sistema de secagem é apresentada na Figura 63. Uma vez que a etapa de secagem é composta pelo reator de degomagem, trocadores de calor, vaso de condensado e bomba de vácuo. A troca térmica será realizada no trocador de calor XC01, que devido ao tamanho do equipamento (área de troca térmica) foi dividido em dois. Os vapores oriundos do reator de degomagem perderam calor sensível e latente, voltando desta forma, ao estado líquido. Ao condensarem o líquido resultante será armazenado do tanque de condensados que foi projetado para acumular este material. Deste modo os vapores gerados no processo serão condensados e acumulados. Com auxílio da Figura 63 é possível observar o tanque que irá acumular os condensados do processo (a) bem como a montagem tanque – trocador (b).

Figura 63 – Sistema de condensação de vapores



(a) Tanque de coleta de condensados



(b) Montagem tanque – trocador.

Fonte: elaborado pelo autor.

Após todas as etapas de testes laboratoriais, de maneira a obter um suporte em termos de dados de processo e condições de produção, engenharia básica, responsável pela concepção inicial da unidade, balanços de massa e energia do sistema, engenharia detalhada, a qual forneceu o tipo de material necessário à construção da unidade, modelagem de todos os equipamentos necessária a visualização de erros de montagem, chegamos a concepção final do protótipo que foi enviado a construção (Figura 64). Os resultados obtidos em todas as etapas convergiram para a concretização desse equipamento. O restante dos sistemas a serem instalados foi concebido a partir da utilização do conhecimento em engenharia, tais como: (i) balanço energético nos sistemas de agitação e bombeamento, (ii) diâmetros de tubulações destinado ao fluxo de material (dados de densidade, temperatura de processo, fluxo mássico). Da integração destes conceitos foi dada como concebida a unidade, pioneira no Ceará, de extração das vísceras de peixes.

Figura 64 – Modelagem 3D da máquina Biopeixes



Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Montagem do Sistema

Após a etapa de modelagem tridimensional do sistema passou-se ao estágio de construção da unidade. As premissas estabelecidas até o momento foram seguidas e postas em prática. Os primeiros equipamentos a serem construídos foram os reatores de cocção e degomagem (Figura 65). Em ambos os equipamentos, os volumes produtivos foram respeitados, bem como os bocais de alimentação e descarga. O material construtivo dos reatores (aço iNOx 304, espessura de chapa 3/16) foi utilizado de maneira a fornecer ao sistema um maior tempo de vida em termos de corrosão e testes de pressão, que para nosso caso foram pressão atmosférica para o reator de cocção e alto vácuo existente no reator de degomagem.

Figura 65 – Montagem dos reatores



(a) Interno dos reatores - Serpentina

(b) Montagem inicial das peças.

Fonte: Fonte: elaborado pelo autor.

O equipamento seguinte ao reator de cocção, o decantador horizontal, foi construído também de acordo com os testes laboratoriais, ensaios de bancada que nos fornecessem dados de velocidade terminal das partículas de borra, e durabilidade corrosiva. Este sistema não terá contato com aquecimento oriundo da caldeira. Com isso, a escolha de um tipo de material que suportasse o material oleaginoso e orgânico (borra) foi escolhido em material utilizados na indústria química. Em nosso caso, o aço carbono. As peneiras, com seus referidos meshes, foram construídas em aço iNOx e com montagem de fácil manutenção e que pudesse ser removível para limpeza. O acoplamento de um distribuidor de líquidos foi realizado no reator de cocção e este, acoplado na tampa do decantador. Esta configuração tem como objetivo à descarga uniforme dos fluídos sobre as bandejas. Na Figura 66 é possível acompanhar a descrição destes itens.

Figura 66 – Sistema de decantação – (a) Distribuidor de líquidos, (b) Acoplamento decantador – Reator



(a) Tanque de decantação –
Distribuidor de líquidos

(b) Tanque de decantação –
Acoplamento decantador – Reator
de cocção.

Fonte: elaborado pelo autor.

A construção da etapa de secagem foi realizada utilizando dados de área de troca térmica, volume de condensado em escala diária (volume de condensado em um dia de operação do sistema), destinado ao trabalho de retirada de vapores oriundos da purificação do óleo de peixes. O trocador de calor, devido à área de troca térmica (comprimento dos tubos) foi partido em dois, possibilitando a utilização de um *layout* compacto. As correntes internas aos trocadores foram escolhidas de maneira que os gases aspirados pela bomba de vácuo fossem postos em contato com água de refrigeração vinda da central de utilidades (água de resfriamento). A visualização da unidade de condensação é mostrada com auxílio da Figura 67. Nesta figura é possível observar ambos os trocadores já em estágio de montagem de tubulação, além da parte interna com os tubos de troca térmica.

Figura 67 - Trocadores e tanque de condensados



(a) Trocador de calor



(b) Montagem tanque – trocador.

Fonte: elaborado pelo autor.

A junção de todos os equipamentos após a construção originou a Máquina Biopeixes (Figura 68). O sistema como um todo recebeu acabamentos, pintura anticorrosiva e foi modulado em uma plataforma tipo esquide. Este tipo de configuração possibilitará o transporte em bloco de todas as operações unitárias do equipamento desenvolvido. Nesta figura é possível observar que o sistema já apresenta todas as bombas, válvulas e instrumentação de controle (indicadores de temperatura e pressão).

Figura 68 – Unidade piloto- Montagem Final



Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Instalação da Unidade na Cooperativa de Curupati peixes

A cooperativa de Curupati Peixes até o momento possui uma metodologia de extração do óleo que não apresenta uma forma adequada de manejo deste material. Na Figura 69 é apresentada, visualmente, a forma com qual o óleo era extraído até o momento da instalação do sistema.

Figura 69 – Metodologia de extração de óleo de vísceras de peixes por membros da cooperativa em Curupati. (a) Casebre, (b) Tanques, (c) e (d) Biomassa utilizada no aquecimento, (e) Tancagem para óleo produzido, (f) Mamíferos presentes na área de produção



Fonte: elaborado pelo autor.

O que se pode observar na Figura 69 é que no processo de extração do óleo, nas condições existentes em Curupati, são inúmeras situações que podem comprometer a qualidade da matéria-prima e impactos ambientais. A inadequação desse processo poderá comprometer a qualidade do óleo por excesso de temperatura (oxidação) e contaminação microbiológica (fezes de animais). Podemos ainda ressaltar, embora a cooperativa utilize podas de árvores, que o método utilizado poderá influenciar em desmatamentos de árvores presentes em regiões que venham a utilizar desse conceito de extração do óleo.

A instalação do sistema foi realizada após a montagem do galpão de extração do óleo de vísceras. Na Figura 70 apresentada abaixo é possível observar as etapas de construção do galpão e montagem da unidade no local selecionado para a instalação da unidade.

Figura 70 – Galpão e instalação do Sistema. (a) Galpão, (b) maquina, (c) Sistema instalado, (d) Teste de alimentação



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: elaborado pelo autor.

Podemos observar que a instalação do sistema na comunidade de Curupati Peixes modificou o cenário apresentado na Figura 69. A instalação do sistema passou a proporcionar um maior grau de higienização e, por consequência, um maior rigor na qualidade do óleo obtido.

Uma vez que a unidade piloto possui sistemas de controle de processo, problemas como oxidação causada pela alta temperatura da queima de biomassa (lenha) foram acompanhados e minimizados durante os estágios de extração e secagem do óleo. Isso deve-se ao fato de que a extração do óleo utilizando lenha poderá alcançar temperaturas de até 500 °C.

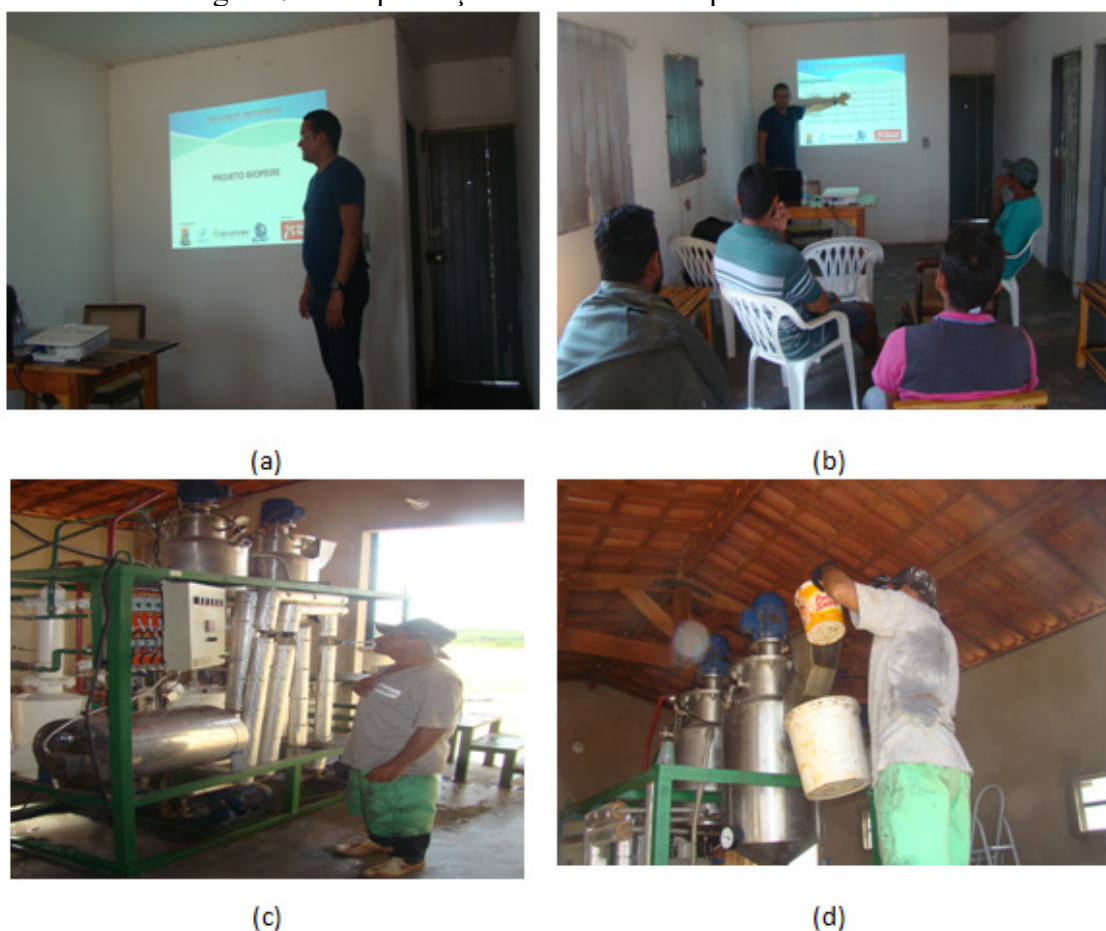
Os trabalhos realizados com vísceras selecionadas mostram que as temperaturas entre 70-110 °C são suficientes para obtenção do material oleaginoso.

Um outro fator importante no desenvolvimento desse sistema trata-se do manejo correto de todo o processamento. O processo de extração aplicada pela cooperativa não segue parâmetros físico-químicos que possam ser replicados. A metodologia seguida pelos integrantes realiza procedimentos nos quais a massa evisceral é posta em tambores e aquecidas por 24 horas. A grande vantagem desse procedimento decorre do fato de que a essa temperatura, toda a umidade existente no meio será removida do óleo obtido. No entanto, o tempo de realização dessa parte do processo poderá causar a oxidação por excesso de temperatura.

Ressaltando a importância da alocação correta do óleo extraído, uma vez que o material é obtido da massa visceral, a contaminação microbiológica poderá, como visto na revisão bibliográfica, provocar o aumento da acidez e descaracterização do óleo em termos de parâmetros físico-químicos necessários à produção de biodiesel.

A operacionalidade do sistema também foi repassada aos membros da cooperativa a partir de cursos de capacitação e compreensão do sistema como um todo. A capacitação de membros da própria cooperativa teve como objetivo a redução de custos com operadores. Isso terá como efeitos o aumento de ganhos na linha de produção de pescados em cativeiro. Na Figura 71 mostra-se a sequência das etapas realizadas na capacitação de membros integrantes da cooperativa. Dificuldades foram observadas durante esse estágio da implantação. Pouco conhecimento em equipamentos de processo foi um dos pontos verificados, sendo que justamente nesse ponto o trabalho ganhou maior ênfase.

Figura 71 – Capacitação de membros da piscicultura



Fonte: elaborado pelo autor.

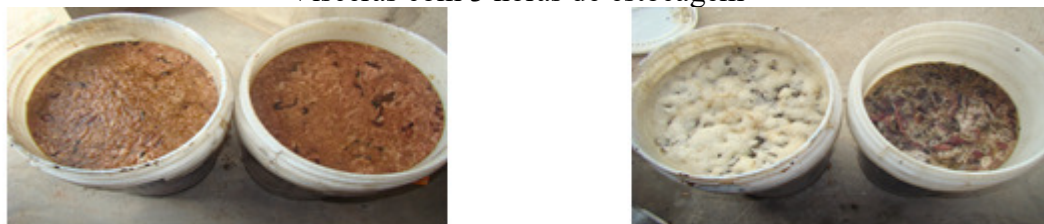
A importância deste trabalho reside no impacto que o mesmo venha a causar socialmente. O sistema, após seu completo funcionamento e operacionalidade, deverá ocasionar uma melhoria de vida aos membros das cooperativas que venham a ser instaladas em diversas regiões do Brasil. A possibilidade de se obter uma nova fonte de recursos e que estes possam agregar uma nova fonte de renda a produtores de pescados torna este projeto uma fonte de geração de renda. Não distante deste fato, o sistema ainda se apresenta como uma forma de redução de impactos ambientais causados pela produção de peixes em cativeiro. Isso se deve ao fato de que no momento da evisceração, os rejeitos (vísceras) terem uma destinação certa, evitando assim seu descarte no próprio local de cultivo de pescados.

4.5 Matéria-prima e capacidade de produção

As vísceras que são direcionadas ao processamento na unidade apresentam aparentemente uma qualidade em termos de gordura bem elevadas. Na Figura 72(a) são

apresentados tanques nos quais as vísceras “**FRESCAS**” são armazenadas até sua chegada à máquina. No entanto, a qualidade das vísceras e conseqüentemente do óleo, poderá ser modificada pelo tempo de processamento deste material. Na Figura 72(b) são apresentados tanques de armazenamento, em que já se observam mudanças nas vísceras. Em um dos tanques nota-se a formação de uma espuma, provavelmente ocasionada por micro-organismos presentes no intestino do animal.

Figura 72 - Vísceras utilizadas no teste de produtividade. (a) Vísceras recém coletadas, (b) Vísceras com 3 horas de estocagem



Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, a coleta das vísceras é uma forma de processamento em tempo hábil, tornando-se extremamente necessária para que se obtenha um óleo de boa qualidade. Uma vez que se trata de um sistema digestivo, o tratamento do material em altas temperaturas que possam ocasionar a morte dos micro-organismos é necessário.

A realização da coleta no momento da evisceração e processamento do material deverá ser realizado de maneira que seja possível processar em um intervalo de tempo no qual não ocorra a degradação.

A unidade foi projetada para que seja realizada uma cocção de 60-65 kg. Observa-se que na piscicultura tem-se a prática de conduzir as vísceras produzidas todas em uma única carga. Com isso, o modo no qual a unidade opera não terá como suportar de uma única vez a carga de alimentação. Na Figura 73 (a e b) é mostrada uma carga que foi conduzida ao local no qual é realizada atualmente a produção do óleo.

Figura 73 - Amostragem de vísceras coletadas para teste produtivo. (a) carregamento, (b) Tanques com vísceras não selecionadas



Fonte: elaborado pelo autor.

No carregamento exposto acima foram armazenados, aproximadamente, doze tanques com vísceras. Cada tanque suporta em massa, 35 kg de vísceras. Com isso, foi processada uma quantidade de 420 kg de vísceras. Como a relação percentual das vísceras em relação à massa da tilápia é em torno de 10%, temos que para esse carregamento foram necessários eviscerar 4.200,00 kg de peixes.

Assim, o que podemos verificar com este teste de produtividade foi que em três horas 140 kg de vísceras foram processados, ou seja, mesmo com os problemas de queda de energia, fluxo inadequado, tivemos aproximadamente 70 kg processadas em uma hora e meia. Após os ajustes, o sistema poderá produzir mais de 60 kg por hora. Se levarmos em consideração que o processo de cocção foi de apenas 30 minutos (10 de cocção e 20 até chegar ao aquecimento). Após decorrido uma hora teremos mais de 140 Kg de material. Isto é, em uma jornada de 8 horas poderá ser processado 1.120,00 kg de vísceras.

4.6 Análise de custos da unidade

4.6.1 Avaliação produtiva do Estado

A avaliação econômica da implantação da unidade desenvolvida deverá seguir parâmetros que auxiliem na produção do óleo a ser extraído. Um desses parâmetros, se não o principal, é a quantidade de matéria-prima que deverá alimentar a unidade diariamente. O estudo da produção de tilápia no Estado do Ceará é mostrado na Tabela 27. Com estes dados

foram obtidas, com auxílio do balanço de massa, a produção de vísceras (10% em massa da tilápia) e, paralelamente, do óleo produzido (50% em massa das vísceras).

Tabela 27 – Produção óleo tilápia, vísceras nos açudes Cearenses

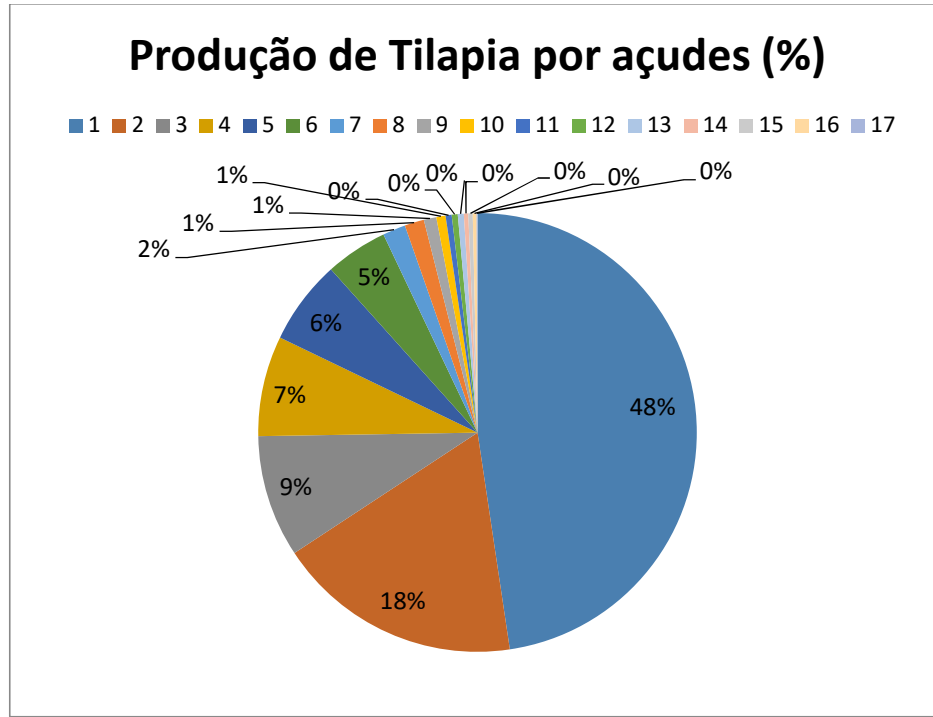
Açudes	Quantidade (Toneladas)	Quantidade (Kg)	Quantidade de vísceras (Kg)	Quantidade de óleo (Kg)	Tempo de operação (Anos)	Tempo de operação (Meses)	Termos Percentuais
Castanhão	10.494	1,05E+07	1,05E+06	5,25E+05	2,43	29,15	47,56
Orós	3.986	3,99E+06	3,99E+05	1,99E+05	0,92	11,07	18,07
Sítios novos	1980	1,98E+06	1,98E+05	9,90E+04	0,46	5,50	8,97
P mirando	1632	1,63E+06	1,63E+05	8,16E+04	0,38	4,53	7,39
Gal. Sampaio	1370	1,37E+06	1,37E+05	6,85E+04	0,32	3,81	6,21
Aracoiaba	1010	1,01E+06	1,01E+05	5,05E+04	0,23	2,81	4,58
Jaibaras	368	3,68E+05	3,68E+04	1,84E+04	0,09	1,02	1,67
Malcozinhado	320	3,20E+05	3,20E+04	1,60E+04	0,07	0,89	1,45
Castro	200	2,00E+05	2,00E+04	1,00E+04	0,05	0,56	0,91
Pacajus	150	1,50E+05	1,50E+04	7,50E+03	0,03	0,42	0,68
Trairi	100	1,00E+05	1,00E+04	5,00E+03	0,02	0,28	0,45
Olho da agua	96	9,60E+04	9,60E+03	4,80E+03	0,02	0,27	0,44
L.cahuyup	96	9,60E+04	9,60E+03	4,80E+03	0,02	0,27	0,44
Mundau	72	7,20E+04	7,20E+03	3,60E+03	0,02	0,20	0,33
Apuiaras viv.	70	7,00E+04	7,00E+03	3,50E+03	0,02	0,19	0,32
Muquem	64	6,40E+04	6,40E+03	3,20E+03	0,01	0,18	0,29
Ta	42	4,20E+04	4,20E+03	2,10E+03	0,01	0,12	0,07

Fonte: elaborado pelo autor.

Com auxílio da tabela anterior, é possível observar que em termos percentuais, o açude Castanhão apresenta a maior produção de tilápia em cativeiro, correspondendo a 47,56% da produção de todo o Estado.

Na Figura 74 é mostrada a distribuição percentual da produção anual desse tipo de pescado. Nesta figura evidencia-se o quanto a produção no Castanhão é superior quando comparada ao restante dos açudes.

Figura 74 – Distribuição percentual da produção de tilápia em cativeiro no Ceará: (1) Castanhão, (2) Orós, (3) Sítios Novos, (4) P. Mirando, (5) Gal. Sampaio, (6) Aracoiaba, (7) Jaibaras, (8). Malcozinhado, (9) Castro, (10) Pacajus, (11) Trairi, (12) Olho d'água, (13) L. Cahuyp, (14) Mundaú, (15) Apuiaries vivo, (16) Muquem, (17) Tá



Fonte: elaborado pelo autor.

Este estudo é importante, uma vez que temos que avaliar a partir de que ponto a operação da máquina irá trazer algum lucro às comunidades ou empresas produtoras de óleo de vísceras de tilápia.

O balanço de massa inicial do equipamento, 30 Kg/h de óleo, 60Kg/h de vísceras, nos possibilitou realizar o levantamento obtido da Tabela 28. Esta tabela, associada aos dados da tabela 27, permite-nos quantificar um número de máquinas que poderão processar, praticamente, toda a carga de material oriundo da evisceração da tilápia. Nesta, o total de vísceras (10% da massa do peixe em média) produzidos anualmente no Estado é da ordem de 2,21 E+06 Kg.

Ao utilizamos o período anual de produção como contendo 300 dias e cada turno produtivo como 8 horas diárias, o balanço em termos de consumo de vísceras será de 432.000 Kg (três turnos de processamento) de vísceras de tilápia. A produção de óleo em cada máquina está vinculada à existência de matéria-prima a ser processada. A análise de custo do sistema possibilitará conhecer a partir de que quantidade de vísceras processadas a máquina irá proporcionar um retorno viável aos produtores. Para tanto, em pontos posteriores, será traçada

a curva de equilíbrio do sistema produtivo no qual será realizada uma análise da capacidade produtiva, ou seja, a partir de quantos turnos produtivos (1,2 ou 3 turnos de 8 horas) o sistema irá realmente apresentar uma viabilidade econômica.

Por enquanto, é possível observar que ao utilizarmos a produção total de vísceras com um período de produção de três turnos, a quantidade de máquinas que será necessária ao processamento do rejeito oriundo da evisceração é de apenas 5,2 máquinas, o que nos fornece seis máquinas para o estado do Ceará.

Tabela 28 - Balanço de máquinas destinada a uma produção com 3 turnos diários

Total de vísceras (Kg)	2.21E+06
Total de óleo (Kg)	1.103.200,00
Total utilizado em 3 turnos (Kg)	432.000,00
Numero de Máquinas no Estado	6

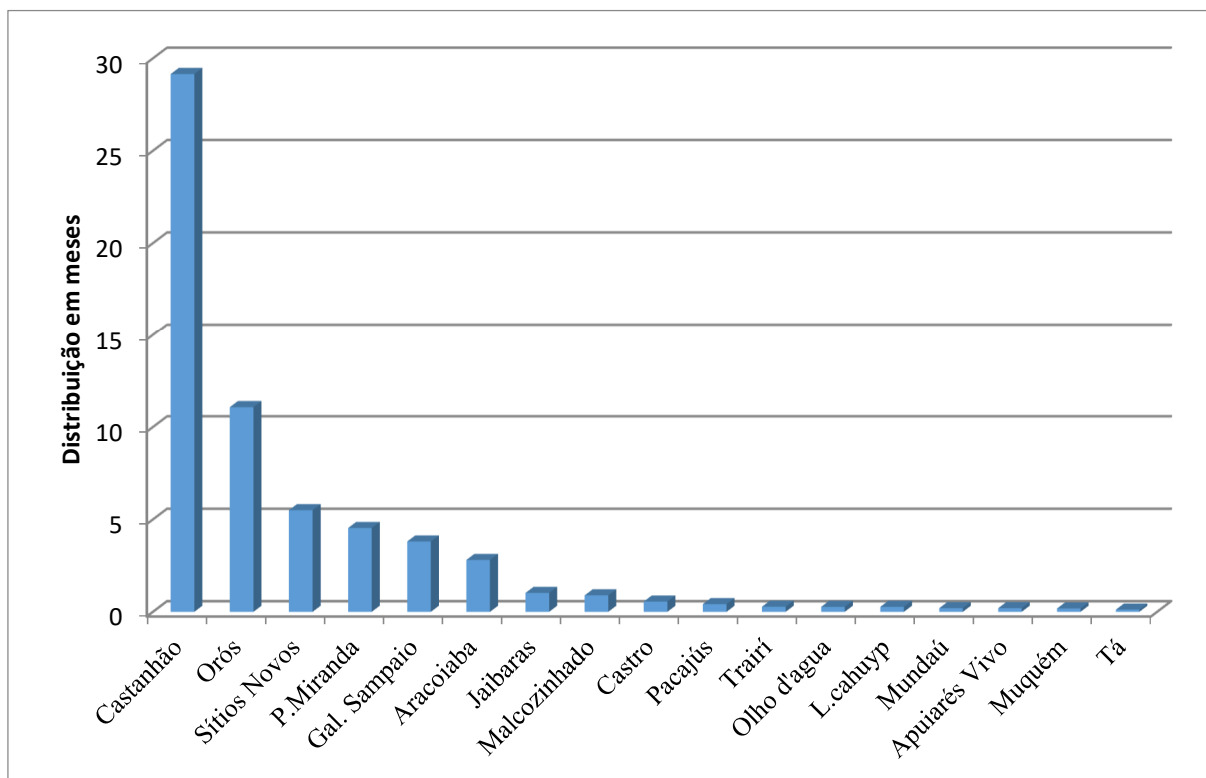
Fonte: elaborado pelo autor.

O sistema, como já mencionado, foi construído com a concepção de ser em batelada, processo não contínuo. Com esse tipo de concepção, a máquina poderá também trabalhar com jornadas menores de produção. No entanto, não é provado ainda que com somente um ou dois turnos, o recurso empregado terá retorno financeiro.

Algo que dever ser denotado com bastante ênfase é o fato de que (de acordo com a Tabela 28) e baseado na produção anual da máquina com três turnos de operação, apenas o açude Castanhão possui o potencial de manter a máquina operando o ano todo, ou seja, dois anos (29,15 meses). Os demais reservatórios apresentam potencial de operação muito inferior a um ano. Com isso, pode-se concluir que caso não exista uma maneira de recolher a produção de vísceras, não será possível implantar este equipamento em alguns polos produtivos, como por exemplo Muquem, que apresenta somente 0,18 meses em termos produtivos.

Com o auxílio da Figura 75 é possível observar o potencial produtivo de cada açude no Ceará. Os dados ali expostos mostram-nos a importância em termos produtivos do Castanhão quando comparado com outros centros produtores.

Figura 75 – Distribuição em termos de meses dos açudes Cearenses quando da utilização da máquina em três turnos diários



Fonte: elaborado pelo autor.

O sistema, como já mencionado, poderia estar atuando em apenas um ou dois turnos. Esta avaliação será confirmada ao determinarmos o ponto de operação da unidade projetada. No entanto, o ideal para qualquer sistema produtivo é que o mesmo possa operar intermitentemente, gerando empregos e renda aos profissionais envolvidos no setor de aquicultura.

4.6.2 *Capital Total investido*

Os principais equipamentos da unidade foram orçados, uma vez que as correlações de análise de custo utilizadas não abrangem sistemas de pequeno porte como este. Para obtenção destes valores, os desenhos detalhados foram enviados a metalúrgicas especializadas e estas realizaram a avaliação do valor do equipamento juntamente como serviço necessário a confecção dos mesmos. Na Tabela 29 são apresentados os valores para os custos que contabilizam os custos diretos, indiretos, custos fixos (CF) (diretos + indiretos), capital de giro (CG) e capital total investido na implantação de uma unidade extratora de óleo (CT).

Nesta tabela, os valores necessários à instalação desta unidade são mais significativo para com relação aos custos diretos de produção, correspondendo a 58,3% de todo o capital investido nos custos fixos para a instalação da unidade. Os custos referentes a valores indiretos são responsáveis por 28,6% na instalação da unidade.

Tabela 29 – Capital total investido na máquina biopeixes utilizando o método percentual

Custos diretos (R\$)	
Reatores	19.252,00
Tanques	22.680,00
Tanque de decantação	15.000,00
Caldeira	13.000,00
Trocadores de Calor	4.200,00
Torre de refrigeração	4.000,00
Material elétrico	5.220,00
Prédio	33.134,40
Melhorias na área	9.204,00
Instalação de serviços (Utilidades)	9.204,00
Terreno	3.681,00
Custos indiretos (R\$)	
Engenharia e Supervisão	38.658,80
Contratos	29.482,80
Total (R\$)	
Custos fixos (diretos + indiretos)	206.717,00
Capital de giro (15% dos custos fixos)	31.007,55
Capital total investido (CF+CG)	237.724,55

Fonte: elaborado pelo autor.

4.6.3 Custo total de produção Anual

O custo total de produção do óleo extraído das vísceras foi obtido a partir da obtenção dos custos fixos e variáveis do processo. Para obtenção destes resultados foi utilizado o método percentual, o qual foi descrito na metodologia de análise. Para os custos variáveis foram relacionados pontos que poderiam variar com o mercado fornecedor, dentre eles estão: (i) valor das vísceras, (ii) óleo térmico, (iii) eletricidade e água de refrigeração. Para os custos fixos foram estipulados pontos ou atividades que são necessários ao acompanhamento da unidade em termos de operacionalidade (mão de obra), qualidade do produto (testes laboratoriais), manutenção e reparos, depreciação do equipamento, taxas locais, seguro, custos indiretos (embalagem e armazenamento) e despesas gerais (distribuição e vendas).

A avaliação de todos estes itens foram levantados tomando em consideração a operacionalidade da unidade durante um intervalo de três turnos diários. Como já descrito, anteriormente, o ideal para um sistema produtivo é que o mesmo esteja produzindo com capacidade próxima a sua total potencialidade. Com isso, a avaliação dos custos durante um dia produtivo nos possibilitará chegar a uma conclusão concisa da melhor forma de produção deste sistema.

Os dados levantados durante o estudo são apresentados na Tabela 30. Nestes estão todos os itens mencionados e avaliados no decorrer deste estudo econômico.

Dentre os custos variáveis, o que apresentou o maior gasto anual foi à aquisição de matéria-prima, ou seja, vísceras. O valor estipulado foi de R\$ 0,15 Kg de vísceras, mais que, no entanto, poderá ser igual zero, caso as vísceras sejam adquiridas do próprio produtor. Este dado foi obtido durante a aquisição deste rejeito junto aos frigoríficos de revenda de pescados. Ressaltando que para um período de 24 horas é estipulado uma batelada por hora de vísceras tratadas e, que este valor ao multiplicarmos por 60 Kg para cada batelada irá resultar na utilização de 432.000 Kg de vísceras durante um ano produtivo de 300 dias. Com esta premissa pode-se chegar a um gasto R\$ 64.800,00 por ano com esta matéria-prima. Este gasto poderá ser negligenciado em caso da instalação desta unidade em cooperativas que venham a eviscerar no próprio local e com isso alimentar o sistema com estes resíduos da pesca em cativeiro.

Para a operação da unidade foram estipulados três operadores, um atuando em cada turno. O salário base para cada profissional foi estipulado com o valor de R\$ 1.500,000. A este valor foi adicionado os encargos como INSS (20%), FGTS (8,0%), risco de Acidentes de trabalho (RAT, 3,0%). Ao fim da adição destes encargos, dentre outros, o valor base do salário ficou em torno de R\$ 2.037,00, ocasionando um montante anual de R\$ 73.222,00 reais.

Tabela 30 – Custo total de produção anual da unidade piloto

Descrição	Valor (R\$)
Custos Variáveis	
Vísceras	64.800,00
Óleo térmico	350,00
Eletricidade	15.252,00
Água de refrigeração	249,50
Subtotal 1	80.651,50
Custos Fixos	
Mão de obra operacional	73.222,00
Testes laboratoriais	10.983,30
Manutenção e reparos	24.442,00
Depreciação	24.461,60
Taxas Locais	2.761,20
Seguro	92,04
Custos indiretos (Embalagens e armazenamento)	58.598,40
Despesas Gerais (Distribuição e venda)	27.521,20
Subtotal 2	222.081,74
Subtotal 1+ Subtotal 2	302.732,49
Receita proveniente da venda do óleo	432.000,00
PIS/COFINS	5.760,00
ICMS	7.920,00
LAIR	111.567,51
IRPJ	13.868,10
CSLL	4.926,04
Lucro líquido anual após impostos	91.298,33

Fonte: elaborado pelo autor.

A distribuição em termos percentuais dos custos variáveis e fixos é mostrada na Figura 76. Com estes dados percentuais é possível mostrar que o maior impacto nos custos variáveis, correspondente praticamente a 80% dos custos, é ocasionado pela compra das vísceras que vão ser processadas. O segundo maior valor verificado nos custos variáveis é gasto com energia elétrica, que para este caso ficou com 19% de todo o custo variável. Os custos com óleo térmico e água de refrigeração não possuem um impacto visível, ficando estes com aproximadamente 1% de todo o custo variável.

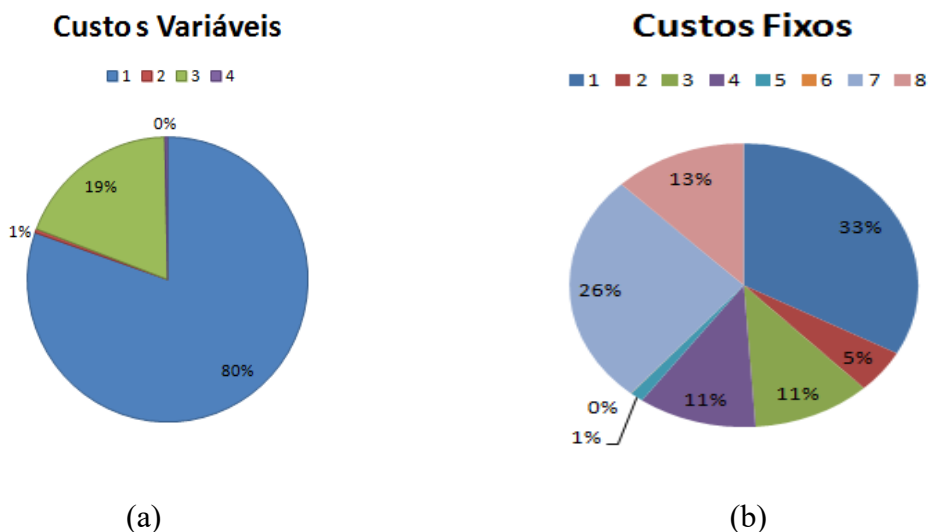
Para os custos fixos, o maior impacto financeiro está relacionado com os gastos com mão de obra operacional (33%). Em segundo lugar estão os custos indiretos de produção (26%). Este encargo, que corresponde a 60% da mão de obra, é o fator que engloba a supervisão

do processo mais os reparos que a unidade irá necessitar durante o ano produtivo. Valores com venda e distribuição são alocados como responsáveis por 13% de todos os custos fixos, ou seja, este será o gasto com transportes desta mercadoria.

O desgaste do sistema seja ele operacional ou por motivos de corrosão estão, implicitamente, relacionados à depreciação do equipamento durante os anos. Este tempo de utilização no qual o equipamento irá produzir será, também, o responsável pelo retorno do capital investido mais o ganho financeiro acumulado. A avaliação em estudo nos forneceu um valor de 11% correspondente a depreciação do valor do equipamento durante um ano.

Componentes da avaliação dos custos fixos tais como o seguro do sistema, testes laboratoriais (5%), taxas locais (1%), seguro (praticamente 0%) e manutenção e reparos (11%) completam os custos fixos da unidade.

Figura 76 – (a) Custos Variáveis: (1) Custos com vísceras de peixes, (2) Custo com óleo térmico, (3) Custo com eletricidade, (4) Custo com água de refrigeração – (b) Custos Fixos: (1) Mão de obra, (2) Testes laboratoriais, (3) Manutenção e reparos, (4) Depreciação, (5) Taxas locais, (6) Seguro, (7) Custos indiretos, (8) Distribuição e venda

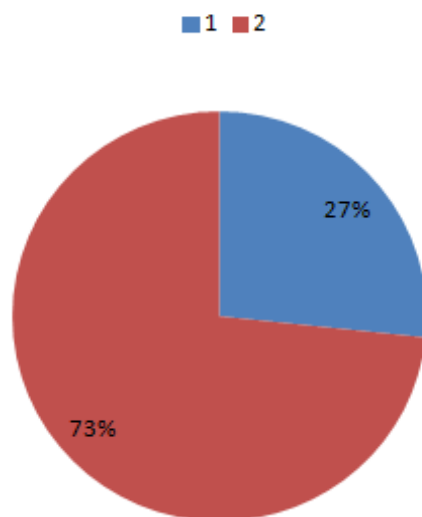


Fonte: elaborado pelo autor.

Uma visão geral sobre qual dos dois tipos de custos possui maior impacto no gasto total anual da unidade é mostrado na com auxílio da Figura 77. Nesta avaliação podemos constatar que os custos fixos são responsáveis por praticamente 73% de todo o capital total anual do sistema. Logo, os custos fixos apresentam um gasto anual no presente ano de atuação da unidade de R\$ 222.081,74, ficando os custos variáveis com uma parcela de 27% do acúmulo anual, ou seja, R\$ 80.851,50.

Figura 77 – Custos presentes no processo: (1) Custos variáveis, (2) Custos Fixos

Custos presentes no processo produtivo



Fonte: elaborado pelo autor.

Avaliação econômica da produção de fertilizantes orgânicos

4.6.4 Capital Total Investido em fertilizantes orgânicos

O aproveitamento integral das vísceras de tilápia será realizado com a utilização da borra (rejeito) em alguma outra utilidade. Neste estudo propõem-se utilizar a borra restante como uma aproveitamento de fertilizantes orgânicos. Na Tabela 31 foi utilizada a mesma metodologia realizada na avaliação da unidade extratora de óleo. Os equipamentos destinados a este processo já são comercializados. Logo, o ponto de partida foi a obtenção destes itens genéricos.

Tabela 31 - Capital total investido no sistema de produção de adubo orgânico

Custos diretos (R\$)	
Moenga de Esteira para produtos básicos	26.775,48
Moinho de orgânicos	15.460,43
Esteira de elevação para peneiras	20.460,43
Peneira Vibratória	28.031,51
Esteira de saída da peneira	20.810,77
Moega de rosca para Ensaque	9.758,31
Rosca transportadora para ensacadeira	11.090,46
Ensacadeira com balança	13.212,87
Costureira	24.023,40
Medidor de PH	720,00
Analizador de Umidade	5.600,00
Medidor de Temperatura	780,00
Custos indiretos (R\$)	
Engenharia e Supervisão	92.779,92
Contratos	29.109,60
Total (R\$)	
Custos fixos (diretos + indiretos)	340.193,05
Capital de giro (15% dos custos fixos)	66.271,37
Capital total investido (CF+CG)	406.469,42

Fonte: elaborado pelo autor.

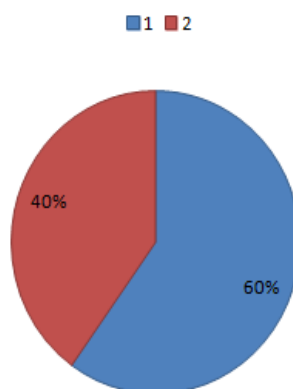
A compreensão da utilização deste método é de suma importância para a avaliação correta do projeto. Pelo método percentual, o capital fixo corresponde a de 0 a 40% dos custos. Ao levantarmos o valor total dos equipamentos (R\$ 176.723,66) chegamos a um valor de capital fixo com um valor de R\$ 441.809,35. A planta destinada à produção de fertilizantes a partir da borra residual é estimada para uma capacidade de 5 toneladas diárias de fertilizantes. Os balanços e valores de equipamentos foram utilizados de acordo com Dalfovo et al (2011). Os valores de equipamentos são, portanto, atuais podendo ser utilizados com segurança em termos de mercado. O balanço de material foi também realizado de acordo com trabalho de Dalfovo. Com este estudo foi possível obter a carga de material necessário a este dimensionamento.

É possível observar ainda pela tabela mostrada acima que os valores necessários à instalação desta unidade são mais significativos para os custos diretos de produção, correspondendo a 51,95% de todo o capital investido nos custos fixos para a instalação da unidade. Os custos referentes a valores indiretos são responsáveis por 48,05% na instalação da unidade.

Na Figura 78 é mostrado, em termos percentuais, o valor quando da junção de uma unidade de extração do óleo de vísceras e uma unidade para aproveitamento da borra. O custo total do investimento da máquina biopeixes corresponde a 40% do total de uma unidade completa enquanto que uma unidade de beneficiamento da borra irá corresponder a 60% do total. Com isso pode-se concluir que, embora a máquina biopeixes seja uma tecnologia nova, esta é 20% mais barata que o sistema para produção de adubos.

Figura 78 – (1) percentual correspondente ao sistema para produção de fertilizantes, (2) percentual correspondente a máquina biopeixes

Biopexesx Fertilizantes



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6.5 *Custo total de produção Anual em fertilizantes orgânicos*

O custo total de produção foi obtido utilizando a mesma metodologia empregada para o custo de produção do óleo de vísceras. No entanto, os valores destinados aos custos variáveis foram empregados tomando como referencia o trabalho Dalfovo et al., (2011).

Dentre os materiais que podem ocorrer uma variação significativa está a borra oriunda do processo. Para esta avaliação, a mesma está sendo comparada com a cama de frango obtida em matadouros que segundo Dalfovo esta avaliada em R\$ 0,09 o Kg. Para um período de produção de 300 dias anuais e considerando que cada batelada produtiva irá consumir 40 Kg de borra, o valor anual para com este constituinte do processo equivale a R\$ 1.080,00 no decorrer do ano. Este valor poderá ser novamente igual a zero, caso o sistema biopeixes e o complexo para adubos sejam instalados no mesmo local produtivo.

Nesta composição, o fosfato de rocha apresentou um dos maiores gastos para com os custos variáveis, correspondendo a 41% dos totais dos custos variáveis.

Os impostos relacionados a este tipo de atividade foram relacionados a dados industriais. Para tanto foi anexado um valor de imposto de renda de 27% do lucro líquido após impostos (LAIR), ou seja, foi deduzido o valor de R\$ 69.848,95.

Segundo Dalfovo, a adubo orgânico após o processo final e embalado pode ser vendido a R\$ 0,26 o valor do Kg. Este valor vinculado a produção anual de adubo irá gerar um montante de R\$ 393.120,00. O lucro líquido anual após todos os encargos e impostos é igual a R\$ 165.567,89.

A carga tributária atribuída a uma unidade destinada à produção de adubos, mesmo sendo ela conferida a uma associação, corresponde a 27% do lucro antes de ser retirado o imposto de renda (LAIR). A contribuição correspondente a este imposto equivale à soma de R\$ 69.848,49.

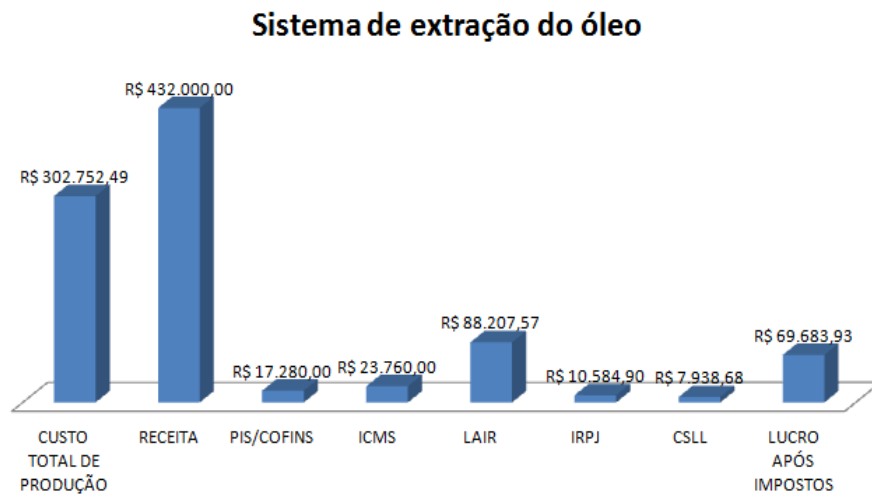
O ICMS (imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação) é de competência dos Estados e do Distrito Federal e, como determina a Constituição Federal de 1988, é um imposto que cada um dos Estados e o Distrito Federal podem instituir. Devido à dificuldade de se determinar o destino das mercadorias vendidas, neste trabalho não será atribuído ao cálculo dos impostos a incidência de ICMS sobre o preço final do adubo produzido. Para uma circulação interna de adubos orgânicos é atribuído à isenção de 100% na venda (BRITO et al, 2008). Na Tabela 32 são apresentados os dados referentes ao estudo em discussão.

Tabela 32 - Custo total de produção anual da unidade produtora de adubo orgânico

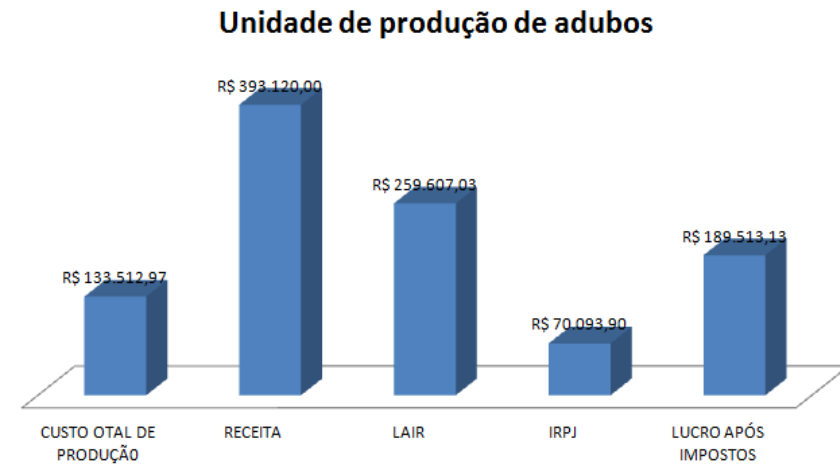
Descrição	Valor (R\$)
Custos diretos de produção	
Custos Variáveis	
Cama de Borra	1.080,00
Serragem	4.500,00
Biocatalisador específico	2.100,00
Aditivos minerais básicos	240,00
Fosfato de Rocha	5.760,00
Água	360,00
Subtotal 1	14.040,00
Custos Fixos	
Mão de obra operacional	36.666,00
Testes laboratoriais	5.499,90
Manutenção e reparos	20.411,58
Depreciação	34.019,30
Taxas Locais	6.627,14
Seguro	2.209,05
Despesas Gerais (distribuição e Venda)	11.851,30
Subtotal 2	106.152,97
Subtotal 1 + Subtotal 2	133.512,97
Receita proveniente da venda do adubo	393.120,00
PIS/COFINS	0,00
ICMS	0,00
LAIR	259.697,03
IRPJ	70.093,90
CSLL	0,00
Lucro líquido anual após impostos	189.513,13

Fonte: Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 79 – Comparação entre receitas, impostos e lucros – (a) Sistema de extração do óleo, (b) Sistema de produção de adubos orgânicos



(a)



(b)

Fonte: elaborado pelo autor.

Avaliando a Figura 79, é possível observar que a receita gerada pela produção do óleo é superior à gerada pela produção de composto a partir da borra. No entanto, os impostos e encargos relacionados a produção do óleo acarretam um lucro de aproximadamente um sexto da receita. Ressaltando também que o custo de produção anual do óleo é bastante elevado, R\$ 302.752,49, valor gerado pela compra da matéria-prima, mão de obra especializada. No segundo processo (produção de adubos), a inexistência de tributações, mão de obra pouco especializada, custo reduzido, quando comparado ao sistema de extração acarreta a uma lucratividade muito elevada, R\$ 189.513,13. A implantação de um sistema integrado (óleo e adubo) irá gerar, além da redução de impactos ambientais, empregos, qualificação do setor produtivo e ao fim de um ano produtivo, o acumulado poderá chegar à R\$ 259.197,06. Neste contexto, a comprovação da rentabilidade do sistema desenvolvido deixa de ser uma suposição para tornar-se um equipamento fundamental ao desenvolvimento do setor de pesca e aquicultura.

4.6.6 Análise do Ponto de Equilíbrio para os sistemas (Extração e adubos)

O ponto de equilíbrio indica a que nível de produção a receita total e o custo total são iguais ($RT = CT$), ou seja, não há lucro nem prejuízo. Esta avaliação foi realizada junto a esta unidade, pois a determinação do tempo de operação diário através do qual a máquina irá gerar uma lucratividade é de extrema importância econômica. Os dados avaliados neste estudo são apresentados na Tabela 33. Nesta, valores de receitas totais (RT), custos totais de produção (CT), custos variáveis (CV) e custos fixos (CF), são confrontados de maneira a encontrarmos, graficamente, o ponto no qual ocorre a inexistência de lucratividade.

Os valores dos custos obtidos seguem uma relação de linearidade com o aumento da capacidade da unidade. Estes valores obtidos a partir dos balanços de massa e energia da unidade nos possibilitam acompanhar gastos que envolvem dados operacionais (mão de obra), gastos com análises laboratoriais, gastos com fretes e embalagens dentre outros.

Tabela 33 – Distribuição de valores para percentuais da capacidade instalada do sistema de extração de óleo

Capacidade (%)	RT (R\$)	CT (R\$)	CV (R\$)	CF (R\$)
0	0,00	222.100,99	0,00	222.100,99
10	43.200,00	223.501,01	8.604,70	222.100,99
20	86.400,00	232.306,73	16.609,90	222.100,99
30	129.600,00	241.112,45	24.615,10	222.100,99
40	172.800,00	249.918,17	32.620,30	222.100,99
50	216.000,00	258.723,89	40.625,50	222.100,99
60	259.200,00	267.529,61	48.630,70	222.100,99
70	302.400,00	276.335,33	56.636,90	222.100,99
80	345.600,00	285.141,05	64.641,10	222.100,99
90	388.800,00	293.946,77	72.646,30	222.100,99
100	432.000,00	302.752,49	80.851,60	222.100,99

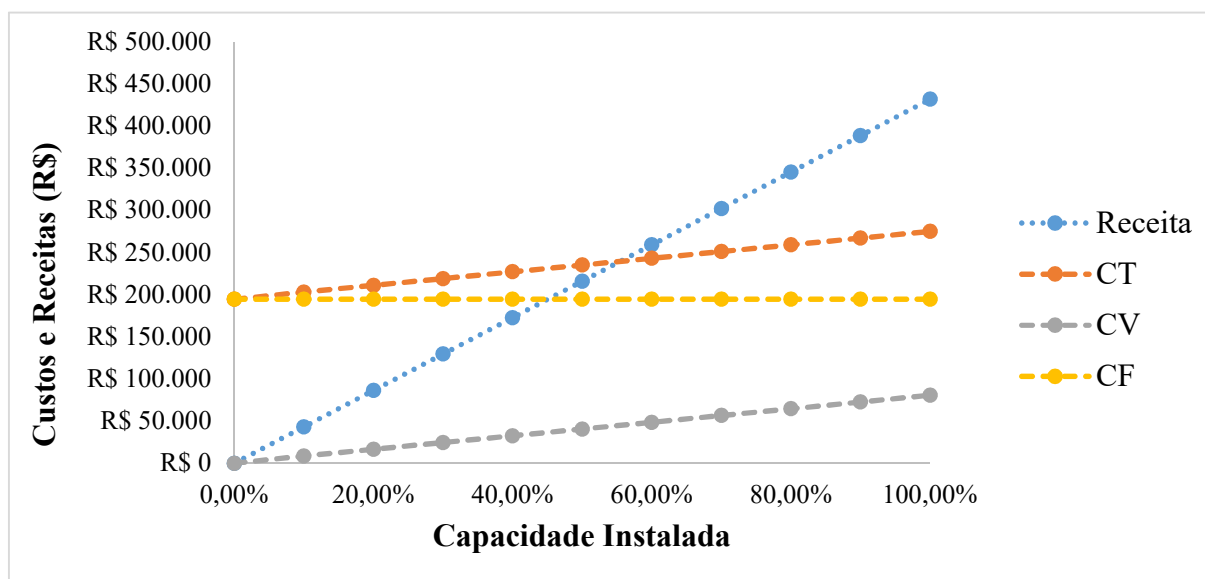
Fonte: elaborado pelo autor.

Com os dados apresentados na Tabela 33 foi possível traçar a curva de equilíbrio do sistema de extração do óleo (Figura 80). Nesta figura é possível observar que somente com uma capacidade de aproximadamente 63% da capacidade instaladas, a unidade não terá nem lucro nem prejuízo. Para valores superiores a 63% da capacidade, ou seja, 272.160,00 Kg de vísceras, a unidade irá acarretar em uma lucratividade mensal. Esta quantidade de víscera corresponde ao mínimo de dois turnos de operação da máquina (288.000 Kg de vísceras). Logo, podemos ter uma maior compreensão do grau de importância da produtividade em algumas regiões na qual a unidade será implantada.

De acordo com a Tabela 28 somente alguns açúdes possuem a capacidade necessária à instalação destes sistemas. A máquina poderá ser instalada em todas as localidades, no entanto, o retorno financeiro só será obtido nos locais no qual exista a quantidade necessária à operação da máquina.

Para os açúdes listados, apenas o açúde do Castanhão apresenta uma oferta de vísceras (1,05E+06) capaz de obter uma lucratividade satisfatória à instalação deste equipamento. A implantação de uma segunda unidade teria que abranger a logística de utilizar ao menos outros quatro polos produtivos: Orós (18%), Sítios novos (9%), P. Miranda (7,5%) e Gal. Sampaio (6,2%). O somatório destes corresponde a aproximadamente 40,7% da produção de tilápia no Estado.

Figura 80 – Representação Gráfica do Ponto de Equilíbrio da Unidade de extração de óleo de peixe



Fonte: elaborado pelo autor.

Utilizando a mesma metodologia de análise, foram obtidos os valores referentes aos custos e receitas da unidade. Para tanto, a capacidade produtiva do sistema foi analisada seguindo um aumento percentual linear. Os valores obtidos do estudo são apresentados na Tabela 34.

Com os dados mostrados nessa tabela podemos observar que o sistema destinado ao aproveitamento da borra para produção de adubo apresenta uma receita bastante elevada, mesmo com percentuais de capacidade baixos. Um outro fator é que os custos variáveis, referentes a matéria-prima são baixos, fato ocorrido devido ao baixo custo do material destinado a produção do composto.

Tabela 34 - Distribuição de valores para percentuais da capacidade instalada do sistema de produção de adubo

Capacidade	Receita	CT	CV	CF
0	0,00	119.472,97	0,00	119.472,97
10	39.312,00	120.876,97	1.404,00	119.472,97
20	78.624,00	121.680,97	2.208,00	119.472,97
30	117.936,00	123.684,97	4.212,00	119.472,97
40	157.248,00	125.088,97	5.616,00	119.472,97
50	196.560,00	126.492,97	7.020,00	119.472,97
60	235.872,00	127.890,97	8.418,00	119.472,97
70	275.184,00	129.300,97	9.828,00	119.472,97
80	314.496,00	130.704,97	11.232,00	119.472,97
90	352.808,00	132.108,97	12.636,00	119.472,97
100	393.120,00	133.512,97	14.040,00	119.472,97

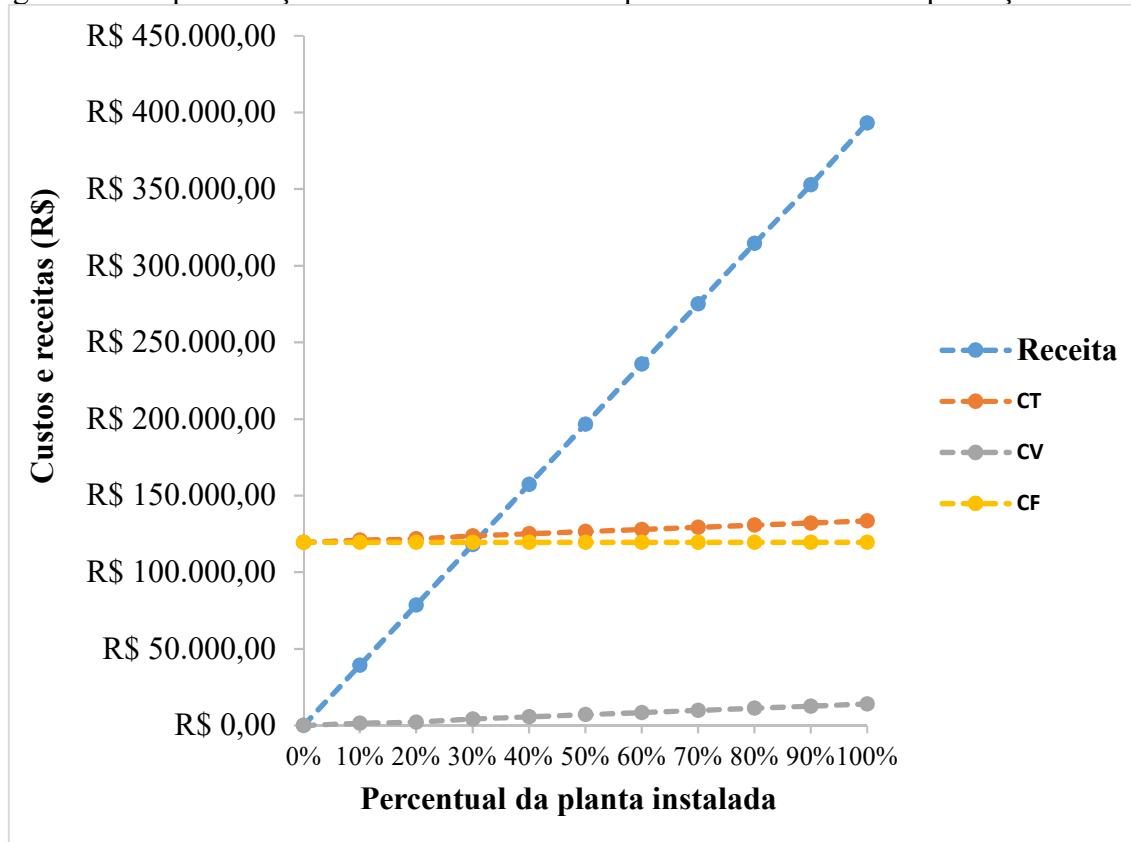
Fonte: elaborado pelo autor.

Com os dados obtidos na tabela acima foi possível traçar a curva de equilíbrio (Figura 81) referente ao ponto no qual poderemos dividir a localização, em termos de escala produtiva, da planta na qual haverá uma lucratividade deste sistema.

Na Figura 81 podemos observar que o sistema apresenta uma faixa na qual podemos obter lucro bastante extenso, indo de 30% até o valor máximo de 100%. Pode-se observar que no ponto de equilíbrio (PE) a unidade teria uma a unidade deverá produzir um total de 30% da capacidade do sistema (cinco toneladas diárias), equivalendo a um total de 453.600 Kg de adubo orgânico. Valores inferiores a 30% acarretarão em prejuízo ao sistema produtivo.

Esta avaliação decorrente do total aproveitamento das vísceras de tilápia nos leva a confirmar que a implantação da máquina biopeixes poderá ser implantada em alguns açudes, mesmo que estes possuam baixa produtividade em termos de óleo. Para isso, a ganho obtido com a venda do adubo orgânico deverá compensar a falta de lucratividade no processo de obtenção de óleo.

Figura 81 - Representação Gráfica do Ponto de Equilíbrio da Unidade de produção de adubo



Fonte: elaborado pelo autor.

Uma observação que deve ser enfatizada é que o ponto de equilíbrio discutido até o momento é usado para encontrar a faixa percentual na qual o equipamento irá gerar uma

lucratividade. Com isso, o requisito básico é que a receita deverá ser maior que o custo total empregado na unidade. Este estudo é interessante para o caso no qual exista algum incentivo governamental de maneira a incentivar às cooperativas produtoras.

Os sistemas ao serem avaliados são atribuídos uma carga de impostos que refletem sobre o lucro final. Esta carga possui como característica principal o deslocamento do ponto de equilíbrio, uma vez que reduzem o intervalo de lucro e aumentam o percentual de prejuízo.

Os resultados apresentados na Tabela 35 são referentes ao lucro obtido nas unidades de extração de óleo e produção de adubo após a retirada de impostos atribuídos a ambas as atividades.

Tabela 35 – Obtenção de saldo quando da integração das unidades de extração e produção de adubo

Percentual (%)	Maquina (R\$)	Borra (R\$)	Saldo da unidade integrada (R\$)
10	- 247.902,18	-68.928,97	-316.831,15
20	- 209.380,34	-32.424,97	-241.805,31
30	- 170.858,15	2.977,69	- 167.880,46
40	- 132.337,15	29.625,61	- 102.711,54
50	- 93.815,56	56.273,53	- 37.542,03
60	- 55.293,97	82.921,45	27.627,48
70	- 16.772,37	109.569,37	92.797,00
80	15.340,97	136.217,29	151.558,26
90	42.512,45	162.865,21	205.377,66
100	69.683,93	189.513,13	259.197,06

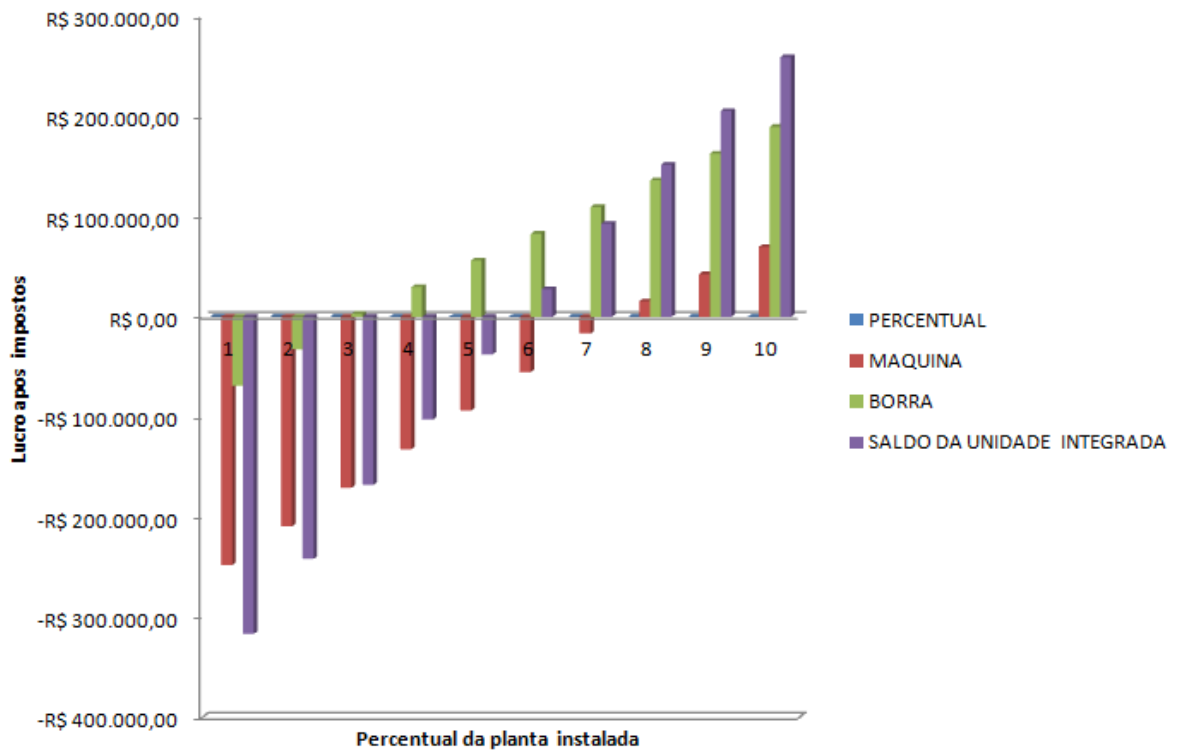
Fonte: elaborado pelo autor.

A representação gráfica dos dados da Tabela 35 é apresentada na Figura 82. Nesta análise podemos observar que a máquina biopeixes somente irá gerar uma lucratividade quando sua capacidade produtiva estiver operando a 90% do total. Ou seja, para valores inferiores a 80% de sua capacidade a unidade não irá gerar uma receita satisfatória. Já o complexo destinado a produção de borra irá apresentar uma lucratividade com valores no próprio ponto de equilíbrio, 30% de sua capacidade (R\$ 2.977,69). No entanto, o ideal para o sistema é que ele possa ser instalado sem locais no qual a capacidade atual não seja tão alta, mas que possa alimentar o sistema sem que ocorram prejuízos financeiros.

Sabe-se que a instalação do sistema se torna necessário não somente pelo valor financeiro, mas também pela necessidade de reduzir os impactos ambientais causados pela poluição ocasionada pelo manejo inadequado das vísceras. Desta forma, podemos observar que considerando que 60% da capacidade do sistema de extração está vinculado a 60% da

capacidade do sistema de produção de adubos, o sistema torna-se totalmente positivista financeiramente. Com isso, a partir deste ponto (60%) que equivale a um lucro de R\$ 27.627,48, a unidade de extração do óleo irá necessitar de uma carga de alimentação equivalente a 259.200 Kg de vísceras durante um ano. Com este novo perfil de produção integrada, alguns açudes que antes não poderiam instalar o equipamento devido à baixa carga de matéria-prima (Orós (398.600 Kg), Sítios Novos (198.000 Kg de vísceras, P. Miranda ((163.200 Kg de vísceras), etc), agora podem gerar uma nova frente de serviço perante a sociedade.

Figura 82 – Avaliação do saldo positivo gerado da integração produtiva de óleo e adubo



Fonte: elaborado pelo autor.

4.7 Avaliação dos índices Financeiros

As tomadas de decisões de escolha do projeto necessitam de critérios que sejam claros e de fácil compreensão. Além disso, auxiliem a decisão de investimento. Dentre os critérios mais comumente aplicados estão:

- (i) Métodos Básicos – taxa de retorno do investimento, período de retorno do investimento;
- (ii) Métodos Avançados – taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL).

A análise na unidade desenvolvida, de maneira aproveitar o resíduo proveniente da pesca, serve como base para investidores que desejam obter rendimentos superiores aos oferecidos por bancos ou financiamentos.

Avaliando as premissas citadas na metodologia de análise temos que:

- ❖ Taxa de desconto foi fixada em 20%;
- ❖ Vida útil do projeto 15 anos (período 0 a 15 anos);
- ❖ A planta, devido a sua concepção modular, irá operar imediatamente após sua instalação, portanto, a receita será gerada de forma imediata;
- ❖ O capital investido no sistema devido a seu baixo custo será de 100%.

O VPL (valor presente líquido) é a diferença entre o valor investido (investimento inicial do projeto) e os valores esperados no fluxo de caixa líquido, descontados por processos convencionais de matemática financeira. Usa-se como taxa de desconto, a taxa mínima de atratividade (TMA) que o investidor deseja obter ao fim do período produtivo. Para este projeto estipulou-se que a taxa mínima que o investidor desejasse obter fosse de 20%. Uma vez que outros mecanismos de investimentos apresentam valores muito abaixo deste objetivo financeiro.

A TIR (taxa interna de retorno), do ponto de vista matemático, é a taxa que torna nulo o VPL de um fluxo de caixa. Pode ser interpretada como o nível de retorno que pode ser esperado a partir do capital investido naquele projeto. Para a decisão de investimento, o valor da TIR deve ser comparado com o valor da TMA, sendo o projeto considerado viável para valores da TIR superiores ao da TMA.

Os valores obtidos para os índices financeiros para o processo de extração de óleo (P1) e o processo de produção de adubos (P2) são mostrados na Tabela 36.

Tabela 36 – Índices Financeiros referentes ao processo produtivo da máquina biopeixes

Índice	Avaliação	
	P1	P2
Retorno do investimento (%)	36	159
Período de retorno do capital	1,50	0,82
VPL (R\$)	302.202,46	638.655,57
TIR (%)	45	55
Custo de Produção (R\$/Kg)	0,70	0,08

Fonte: elaborado pelo autor.

É possível observar que os índices financeiros nos possibilitam concluir que o sistema apresenta uma viabilidade econômica bastante elevada. Os valores de retorno do investimento avaliados em 36% para o processo P1 e 159% para o processo P2 servem como uma base forte de que o sistema possui toda a possibilidade de gerar renda e emprego no local onde será instalado.

O VPL encontrado para ambos os sistemas nos levam a concluir que o projeto pode ser aceito. Uma vez que se trata de um critério que transporta as projeções de um fluxo de caixa para o valor presente, a instalação dos sistemas iria gerar um fluxo de caixa líquido de R\$ 302.202, 15 (P1) e R\$ 638.655,57 para P2. Como de regra, basta analisar se o VPL é positivo para o caso de aceitação para podermos concluir que as unidades são economicamente viáveis, seguindo este índice financeiro.

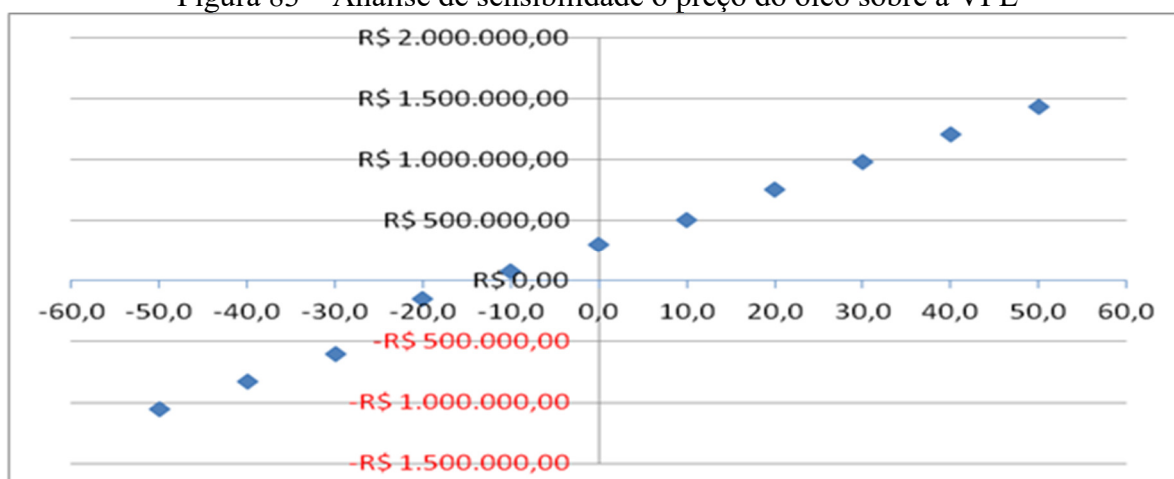
Para os valores obtidos para TIR pode-se observar que os valores encontrados superam a taxa mínima de atratividade (TMA). Para o primeiro processo (P1) o valor da TIR superou a TMA em 23% enquanto que para o segundo processo a TIR foi superior em 35%. Como o critério que avalia os resultados da TIR partem da suposição que se, caso esta for superior a TMA, o projeto deve ser aceito, conclui-se que ambas as unidades possuem potencial de instalação industrial.

4.8 Análise de sensibilidade

As expectativas inseridas na avaliação podem ser alteradas no decorrer de um intervalo de tempo e geralmente o fazem ditadas principalmente por oscilações conjunturais. A avaliação de uma empresa processa-se com base em variáveis que procuram refletir, da maneira mais correta possível, a realidade do comportamento do mercado. Por se trabalhar fundamentalmente com valores esperados, algumas análises de sensibilidade devem ser incorporadas nos cálculos, tornando seus resultados mais representativos do efetivo valor do empreendimento a ser instalado.

A análise de sensibilidade decorrente da variação do preço do óleo é mostrada na Figura 83. Valores em torno de zero na escala da figura (para o caso específico, o valor de zero corresponde a R\$ 2,00), o qual corresponde a R\$ 432.000,000 para uma produção de três turnos diários, a unidade, como já comentado e apresentado anteriormente (índices financeiros), apresenta uma VPL de R\$ 302.202,46. O limite observado, para que não seja verificado um valor negativo na VPL foi de uma redução de R\$0,10. Para esta redução de até 10% do valor de referência, o valor da TIR foi de 27% com valor presente líquido de R\$ 78.052,48. A análise verificada, quando imposta uma redução de 20%, mostrou um valor de TIR de 5%. No entanto, para esta redução, o valor da VPL foi de -R\$ 148.165,38. Logo, para valores inferiores a 10% de R\$ 2,00, o sistema piloto levando em consideração os encargos e impostos, torna-se não viável.

Figura 83 – Análise de sensibilidade o preço do óleo sobre a VPL



Fonte: elaborado pelo autor.

Na figura mostrada anteriormente é possível observar que para um aumento percentual de 10% em relação ao valor de referência (R\$ 2,00), foi avaliado um valor de VPL de R\$ 505.379,80 e um valor de TIR de 61%. Com isso pode-se observar que um aumento de 10% sobre o valor base ocasiona um acréscimo de 16% no valor final da TIR acumulada.

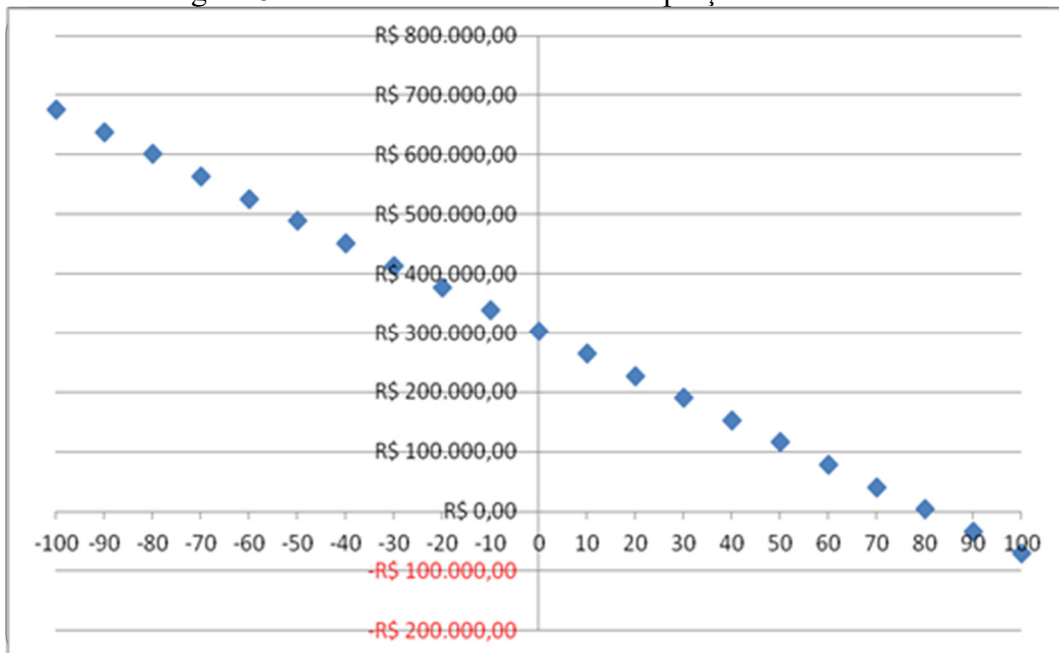
Na Figura 84 é apresentada a avaliação da variação do preço das vísceras sobre a VPL acumulada no período de 15 anos. O valor base apresentado para esta simulação foi de R\$ 0,15 de real. Este valor foi tomado como referência, uma vez que este foi cobrado por vendedores de tilápia em mercados vendedores de peixes. Para o valor base foi observada uma VPL de R\$ 302.202,46 (o mesmo valor verificado quando da utilização do valor base do preço do óleo). A variação no preço das vísceras somente terá efeito negativo sobre a VPL quando o valor do Kg desta matéria-prima chegar a 90% do valor base, ocasionando um valor -R\$

33.731,30. Assim para o valor de R\$ 0,285 de real, a unidade, levando em consideração todos os encargos fiscais, não apresentará viabilidade econômica satisfatória. No outro lado do gráfico, ou seja, quando da utilização das vísceras, sem que estas sejam compradas, observa-se um valor de VPL de R\$ 645.462,48. Lembrando que esta análise foi realizada mantendo o valor do preço do óleo fixo em R\$ 2,00. Este resultado é bastante satisfatório, uma vez que a máquina deverá ser instalada em cooperativas de piscicultores e que estes deverão adquirir sem maiores onerosidade esta matéria-prima.

Na avaliação e simulação do impacto do preço das vísceras, o valor da TIR obtido variou de 13% para um acréscimo de 100% no valor da matéria-prima a um valor de 74% para o caso de ausência de gastos na obtenção deste rejeito do pescado. O valor referente a 74% na TIR equivale praticamente a um aumento de 15% no preço da venda do óleo.

Nesta avaliação pode-se observar que, mantendo o valor de compra do óleo em R\$ 2,00, a variação no preço das vísceras a serem adquiridas somente terá um impacto sobre a VPL a ser obtida, quando o valor deste rejeito for maior ou igual a R\$ 0,285 centavos de real. Diferentemente da análise realizada com a variação do preço do óleo, sendo que a redução de 20% no preço ocasiona uma VPL de – R\$ 148.165,38 e uma TIR de 5%, prejuízos reais só são avaliados com um aumento do preço em praticamente 100% do valor tomado como base.

Figura 84 – Análise de sensibilidade o preço das vísceras sobre a VPL



Fonte: elaborado pelo autor.

A atividade de produção de óleo de vísceras de peixes em termos de cooperativa é uma atividade nova. Assim, a adesão de impostos pode vir a trazer uma inviabilidade econômica a esta atividade. Como mostrado anteriormente na obtenção da curva de equilíbrio, a retenção de impostos oriundos acarreta que a unidade somente irá gerar uma lucratividade com uma capacidade de operacionalização da máquina de 80%. Assim, mesmo trabalhando com um percentual produtivo de 80%, a lucratividade do sistema anual será de R\$ 15.340,97. Além disso, para o caso de trabalharmos com o ponto de equilíbrio da planta (60%), o sistema praticamente irá trabalhar com uma lucratividade negativa, correspondendo a um débito anual de – R\$ 55.293,97.

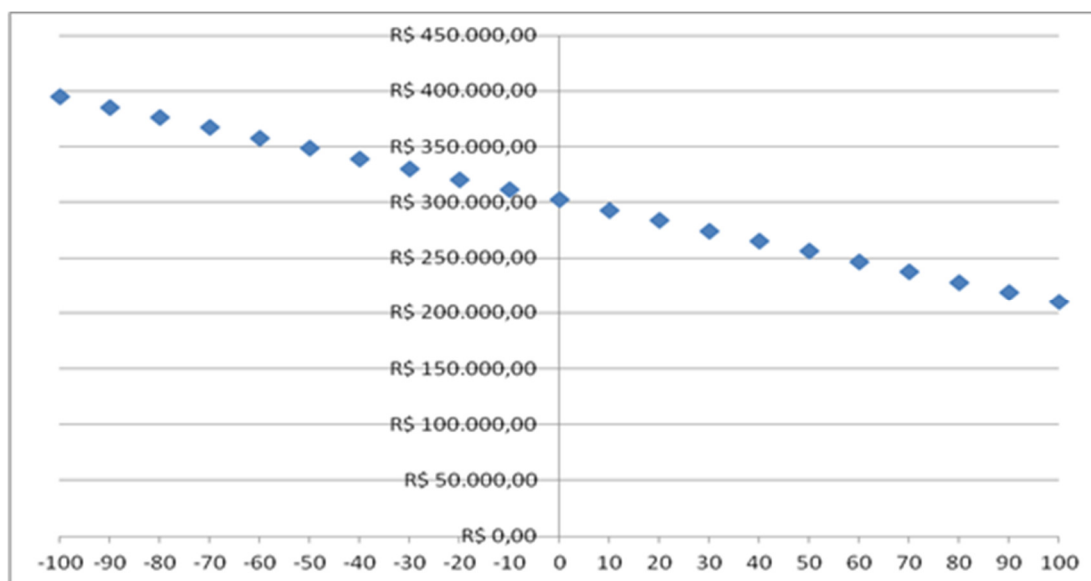
Assim, foram avaliados os efeitos da variação dos principais impostos sobre a obtenção dos índices financeiros da unidade de extração de óleo. As Figuras 85 e 86, representam, respectivamente, o efeito da variação e da inclusão dos impostos PIS/COFINS e ICMS sobre o valor presente líquido atribuído a unidade no período de 15 anos.

O valor do imposto PIS/COFINS foi tomado como referência na atividade de extração de óleo vegetal, a qual atribui um valor de R\$ 0,07 por litro de óleo vendido (SOUZA et al 2015). Nesta Avaliação, podemos concluir inicialmente que mantendo constante o preço base do óleo (R\$ 2,00) e o preço base de compra das vísceras (R\$ 0,15), a variação para +100% (R\$ 0,14) ou a total isenção deste imposto, não irá negativar em hipótese alguma a VPL do empreendimento.

A simulação do comportamento deste imposto sobre a VPL em 15 anos nos possibilita a concluir que o valor obtido foi da ordem de R\$ 394.357,98 e um valor de TIR 52%. Quando comparado com a variação do preço do óleo (VPL = R\$ 1.435.391,09, TIR = 134%), com uma variação de apenas 50% para mais ou menos, e o preço das vísceras (VPL = R\$ 675.462,28, TIR = 74%), a total isenção destes impostos irão resultar em um valor que corresponde a 3,6 vezes o total da VPL obtida com um aumento de 100% no preço base do óleo e a um valor de 1,7 vezes o valor da VPL obtido quando da redução em 100% do preço base de compra de vísceras.

A vantagem de ter esta simulação em mãos é o fato de se prevenir a respeito da inclusão destes impostos durante a implantação de uma unidade extratora. Como não se tem dados que comente a respeito da extração e cobrança de impostos sobre a atividade em cooperativas que extraiam óleo de rejeitos de pescados, com este estudo podemos concluir que a cobrança isolada deste imposto não inviabilizará a implantação da unidade.

Figura 85 – Análise de sensibilidade do PIS/COFINS sobre a VPL



Fonte: elaborado pelo autor.

A isenção deste imposto irá gerar uma taxa de rentabilidade de R\$ 26.317,20 mensais, possibilitando um fluxo de caixa às pequenas cooperativas produtoras.

Segundo o site da receita federal temos: “Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) e as Organizações Estaduais de Cooperativas previstas no art. 105 e seu § 1º da Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1977” são isentas deste tipo de imposto. No entanto, para avaliação deste projeto podemos inserir tais impostos, uma vez que o sistema desenvolvido poderá ser utilizado em empresas que venham a gerar empregos e renda.

A avaliação do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual (ICMS), intermunicipal e de comunicação é de competência dos Estados e do Distrito Federal. Uma vez que a unidade desenvolvida apresenta uma atividade ainda não explorada no estado, foi utilizada como referência o trabalho desenvolvido por Souza e colaboradores (2015).

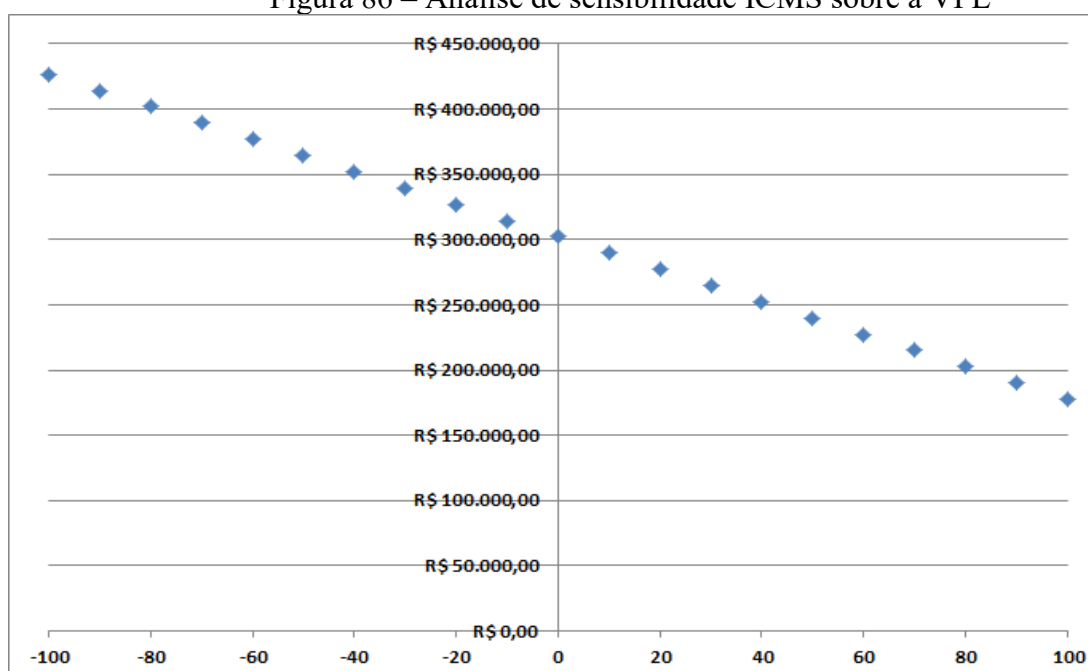
A base de cálculo apresentada neste trabalho foi de 11% da receita obtida no valor do kg do óleo vendido. Este imposto poderá ou não ser incluso como um tributo arrecadado pelo Estado. Uma vez que ao desenvolvermos esta atividade estaremos gerando renda e empregos aos municípios produtores de pescados, caberá à legislação avaliar de que forma e quais são as reais tributações a serem inseridas nesta atividade produtora de óleo.

O resultado da simulação referente à inclusão deste imposto, tomando como base o trabalho apresentado por Souza e colaboradores (2015), é mostrado na Figura 86. Os valores obtidos para dados de VPL e TIR são, levando em consideração a total isenção deste imposto,

respectivamente, R\$ 426.622,40 e 55%. Estes dados, quando comparados com a total redução do PIS/COFINS, geram um acúmulo de R\$ 31.864,42 de VPL e 3% superior em TIR.

A avaliação destes impostos, em termos de simulação, nos possibilitou uma maior visão do comportamento destes tributos fiscais. Nestas cobranças é possível avaliar que mesmo com um aumento de 100% em todos eles, a unidade irá gerar uma VPL e TIR favoráveis a implantação do sistema. Para esta avaliação (PIS/COFINS, ICMS), os valores obtidos para TIR, na pior condição possível (100% de aumento), foram de 38% e 35%, respectivamente. Portanto, ambos superiores a TMA (taxa mínima de atratividade) que foi estipulada em 20%.

Figura 86 – Análise de sensibilidade ICMS sobre a VPL



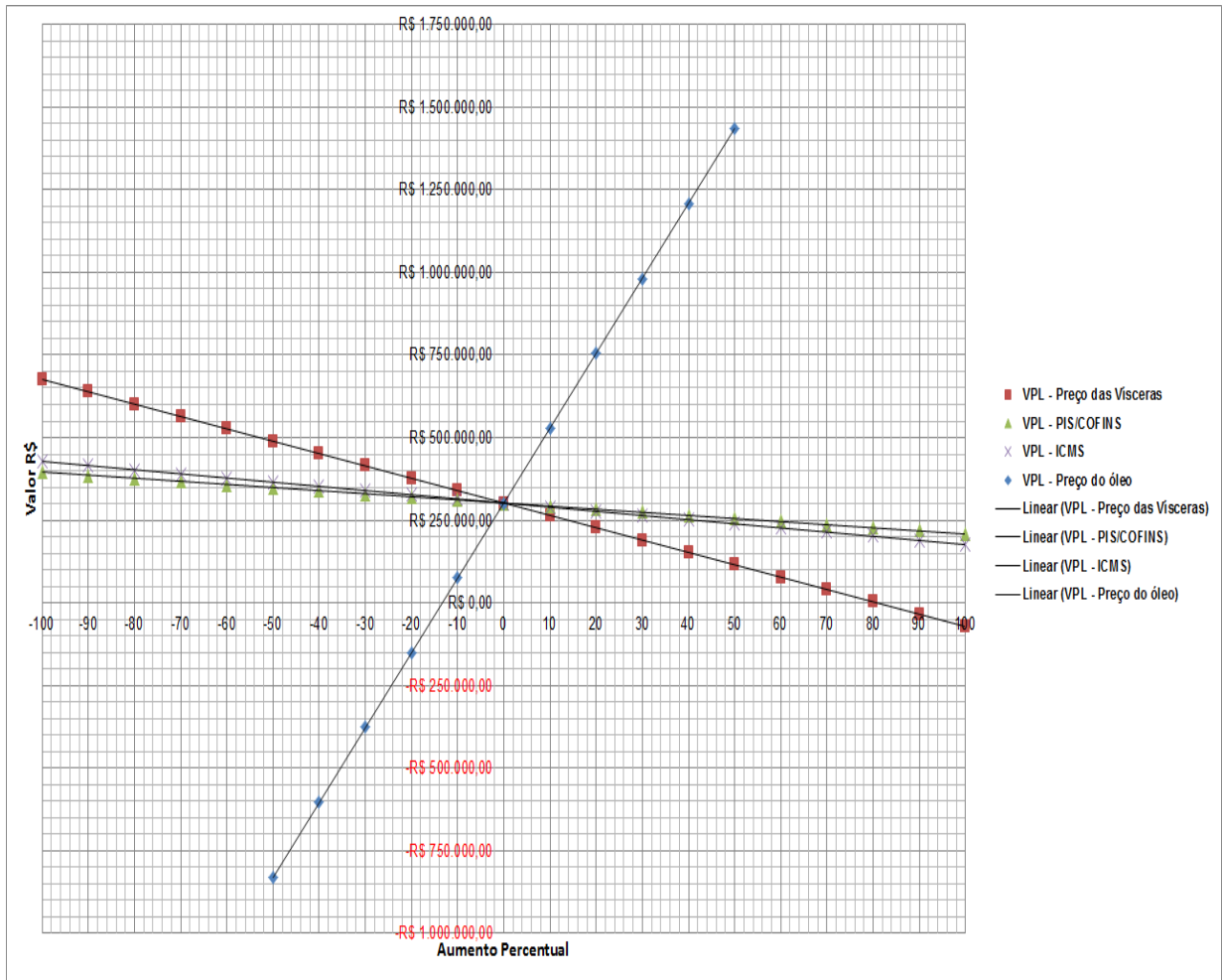
Fonte: elaborado pelo autor.

A comparação entre os efeitos causados pela redução ou aumento de cada um dos elementos avaliados são mostrados na Figura 87. Todas as curvas avaliadas passam pelo ponto de origem. Este ponto equivale a uma carga de alimentação de três turnos diários o qual gera um VPL de R\$ 122.811,24 reais e uma TIR de 45%.

Ao observarmos o gráfico, podemos concluir que dentre os elementos avaliados na análise de sensibilidade, os de maior impacto são o preço das vísceras no qual o valor da VPL equivale a um acréscimo de R\$ 280.704,30, quando comparado à VPL da redução do imposto PIS/COFINS, e R\$ 248.839,88, quando comparado a VPL oriunda da isenção do imposto ICMS.

As curvas lineares dos impostos avaliados nesta análise de sensibilidade apresentaram comportamentos semelhantes. No entanto, elas divergem nas extremidades que equivalem a +100% do valor e a -100% do valor (isenção).

Figura 87 – Avaliação da sensibilidade entre valor das vísceras/PÍSCPFINS/ICMS/ Valor do Óleo



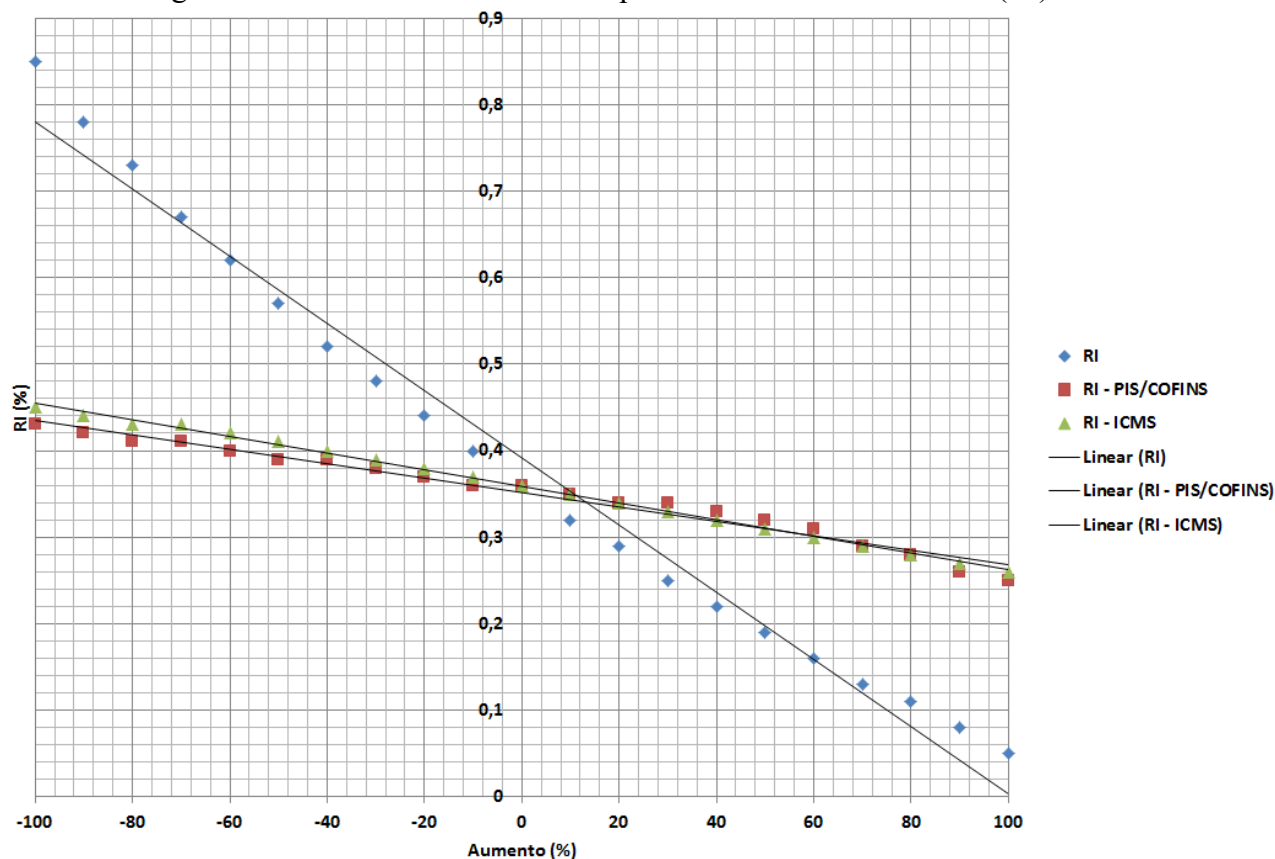
Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de sensibilidade realizada para verificar o retorno do investimento (RI) é apresentada na Figura 88. De acordo com a análise realizada, podemos concluir que os impostos referentes ao PIS/COFINS e ICMS apresentaram um retorno máximo, quando da isenção total de 43 e 45%, respectivamente.

O maior impacto observado foi relacionado com a redução no preço das vísceras. Nesta avaliação, após a análise gráfica, foi possível observar que a total isenção do preço de obtenção de vísceras irá ocasionar um retorno do investimento de aproximadamente 85%. Este valor poderá ser alcançado em cooperativas que tenham uma produção que venha a abastecer o

equipamento de forma contínua. Na passagem pela origem, o sistema apresenta uma taxa de 36%, mesmo estando operando vísceras compradas a R\$ 0,15 de real.

Figura 88 – Análise de sensibilidade para retorno do investimento (RI)



Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo da análise de sensibilidade da variação do preço do óleo sobre o RI e PR é apresentado com o auxílio da Tabela 37. Para esta variável foram realizadas simulações que vão de uma redução de -20% no valor do preço do óleo (R\$2,00) a um valor de 50% de aumento. Os valores obtidos, em termos de -20% apresentaram um valor de RI de 7% e um PR de 7,07 anos. Assim, é possível observar que uma redução e apenas 20% no valor do óleo irá tornar a viabilidade do sistema sem retorno. Na outra extremidade (50%) positivo, o retorno do investimento esta sendo visualizado com um valor de 124% e com um PR de apenas 0,5 anos.

Tabela 37 – Avaliação do preço do óleo sobre o retorno do investimento (RI) e o período de retorno (PR)

Variáveis	50,00	40	30	20	10	0	-10	-20
RI	1,24	1,06	0,88	0,71	0,53	0,36	0,18	0,07
PR	0,5	0,58	0,69	0,84	1,08	1,5	2,47	7,07

Fonte: elaborado pelo autor.

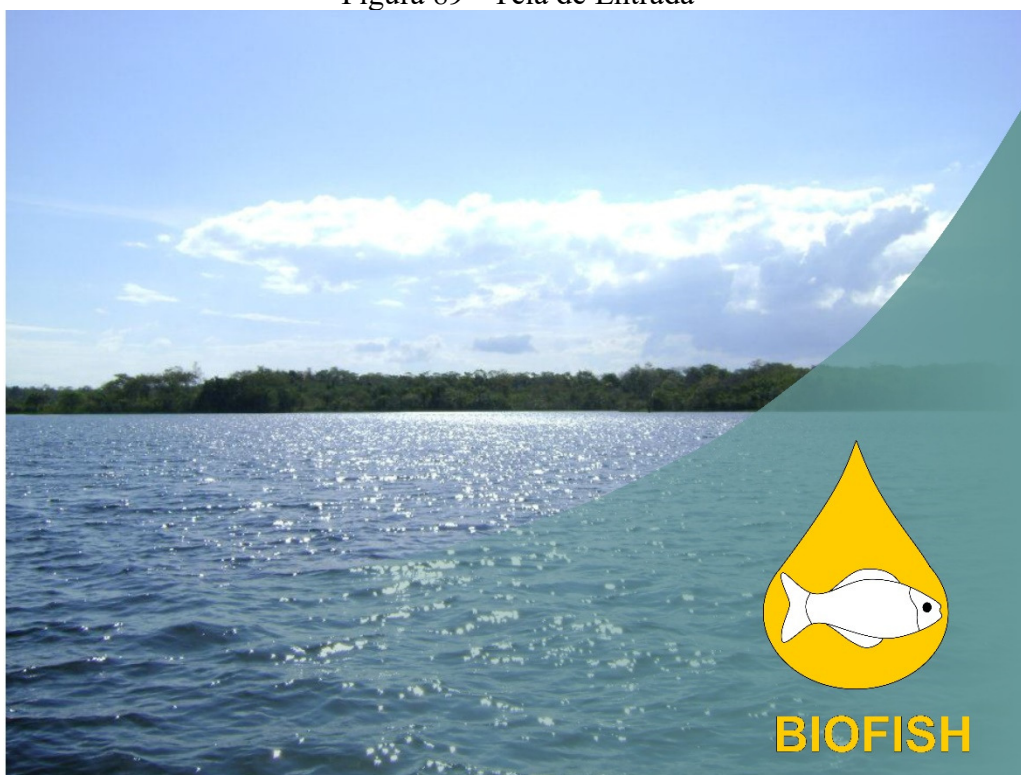
O estudo de sensibilidade mostrado até o momento nos possibilitou realizar uma análise de todas as variáveis que influenciam diretamente sobre uma possível instalação do sistema no mercado. Dentre essas variáveis, a única que pode tornar a implantação deste projeto é o preço de venda do óleo após a extração para posterior comercialização. Neste caso, uma redução no valor base estipulado (R\$ 2,00), considerando a inclusão de todos os impostos, tornará a implantação do projeto inviável. No ponto de referência do projeto, R\$ 2,00, o valor de venda do óleo, a implantação do sistema biopeixes irá gerar uma VPL de 302.202,46, TIR de 45% um RI de 36% e um PR de 1,5 anos. Ou seja, mesmo não incluindo ainda o sistema de produção de adubos, o sistema biopeixes é viável economicamente.

4.9 Software desenvolvido na pesquisa

Com o uso dos dados de balanço de massa foi desenvolvido o software que irá gerar os dados referentes à produção, gasto energético da unidade e qualidade do óleo. Para tanto, utilizou-se de dados coletados em laboratório os quais permitiram o equacionamento do software BIOFISH.

Utilizando a modelagem computacional foi possível dividir a plataforma computacional em três telas. A primeira tela é apresentada na Figura 89. Esta figura representa a entrada ao programa. Para confecção da tela inicial foi utilizada imagens do principal açude do Ceará, no caso Castanhão. As informações atribuídas a esta tela correspondem a data de registro do sistema e o nome do supervisor (BIOFISH).

Figura 89 - Tela de Entrada



Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda tela de aplicação do software (Figura 90) é apresentada abaixo. Nesta tela existem dois botões que requerem dados de entrada. O primeiro botão é referente ao tipo de peixe que será processado pelo equipamento. Foram incluídos ao todo, seis tipos de peixes, sendo de água doce e salgada. Os peixes listados na barra de rolagem são: tilápia, pintado, tambaqui, truta, pirarucu, atum, linguado, salmão, pargo e sardinha. A programação realizada até o momento foi direcionada ao balanço de massa referente à produção de tilápia. No entanto, uma vez que este sistema apresenta um horizonte de aplicação não apenas regional como também nacional, o desenvolvimento utilizando balanços de massa para vários tipos de cultura de pescado torna-se necessário.

O segundo botão é referente à quantidade de vísceras processadas no período produtivo. O balanço de massa interno ao sistema propõe uma relação de 50% em óleo para o caso de vísceras de tilápia. Assim, para cada 100 kg de vísceras será gerando uma quantidade de 50 kg de óleo e 50 kg de borra.

Figura 90 - Tela de entrada de dados do software

1ª Etapa: DADOS INICIAIS

1) Selecione o tipo de peixe a ser processado:

Selecione o pescado

- Tilápia
- Pintado
- Tambaqui
- Truta
- Pirarucu
- Atum
- Linguado
- Robalo

2) Digite a quantidade de peixe a ser processado (Quilogramas):

BIOFISH

Fonte: elaborado pelo autor.

A qualidade do óleo, segundo exigências da ANP (Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) é acompanhada utilizando como critério o índice de acidez do óleo. Assim, uma vez que o cálculo deste índice é realizado por formulações conhecidas, foi desenvolvida uma tela (Figura 91) na qual é possível, a partir da inserção de dados de entrada, saber a qualidade do óleo produzido.

Ao efetuar uma análise do óleo, utilizando um procedimento laboratorial simples, o piscicultor poderá gerar um valor do índice de acidez e saber um valor prévio da qualidade do óleo que irá fornecer à empresa que desejar adquirir esta matéria prima.

Figura 91 – Dados do óleo Produzido

3ª Etapa: DADOS DO ÓLEO PRODUZIDO

1) Digite o Volume da solução de NaOH (0,1M) gastos na titulação

mL

2) Digite o fator da solução de NaOH

3) Digite a Molaridade da solução de NaOH

mol/L

4) Digite a massa da amostra analisada

gramas

I.A. = mg KOH/g

BIOFISH

Fonte: elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho conseguiu concluir aos objetivos desejados, visto que foi possível realizar a extração do óleo das vísceras da tilápia do Nilo. Nas etapas apresentadas, para a extração do óleo, observou-se que o percentual de óleo nas vísceras é de aproximadamente 50%. O material restante do processo de extração (borra) apresentou um percentual de 2,3% de proteínas. Este valor, que por sinal é extremamente baixo, ocorre devido ao fato de que as vísceras apresentam um alto teor de umidade (96,18%). O estudo possibilitou verificar ainda que a acidez do óleo migrou de 6,50 mg de KOH/g para uma acidez de 9,85 mg de KOH/g com um percentual de 40% em bÍlis, isso sem a presença de suco biliar. Assim, conclui-se que também que para acréscimos superiores a 5% de de suco biliar, o óleo produzido por cocção de vísceras de Tilápia irá sofrer elevadas variações em sua acidez.

Através dos resultados do índice de refração e viscosidade apresentados constatou-se que o aumento percentual de suco biliar sobre a massa de óleo não afetou o resultado final. Para o índice de refração, o valor médio ficou aproximado em 1,46. Isto significa dizer que que os aumentos no suco biliar não irão ocasionar qualquer mudança visual no óleo.

O biodiesel produzido apresentou parâmetros analíticos dentro das normas vigentes de produção. Sendo que a acidez obtida foi da ordem de $0,2168 \pm 0,06$ (mg KOH/g).

Nas etapas realizadas em bancada foi possível observar que o processo de extração de óleo das vísceras requer condições experimentais que possam manter ainda mais estável a sua estabilidade oxidativa. Assim, essas condições contribuíram de forma significativa para a elaboração do fluxograma de processo e automação da unidade.

Os parâmetros observados em testes laboratoriais possibilitaram a obtenção da concepção, no fluxograma de processos, de todos os equipamentos que compõem a unidade de extração de óleo. Desta forma, em sua configuração, a unidade é composta por: reatores, decantador, tanques, trocadores de calor e bombas.

A unidade, em sua concepção, foi construída de forma que possa ser instalada em locais que possua as mínimas condições de funcionamento. Para tanto, todos os equipamentos apresentam suportes que possibilitam sua fixação na estrutura principal (Esquide). E, desta forma, a instalação do sistema passou a proporcionar um maior grau de higienização e, por fim, um maior rigor na qualidade do óleo obtido.

Considerando o período anual de produção como contendo 300 dias e cada turno produtivo como oito horas diárias, o balanço em termos de consumo de vísceras será de 432.000

Kg (três turnos de processamento) de vísceras de tilápia. A produção de óleo em cada máquina está vinculada a existência de matéria-prima a ser processada.

Por enquanto, é possível observar que ao utilizarmos a produção total de vísceras com um período de produção de três turnos, a quantidade de máquinas que será necessária ao processamento do rejeito oriundo da evisceração é de apenas 5,2 máquinas, o que, arredondando o valor, nos fornece seis máquinas para o estado do Ceará.

Os testes de processamento possibilitaram o beneficiamento de 420 Kg de vísceras. Foi verificado que, o percentual das vísceras em relação a massa da tilápia é de 10% e que, o carregamento foi gerado a partir do beneficiamento de 4.200,00 Kg de Peixes.

O valor necessário à instalação desta unidade é mais significativo para os custos diretos de produção, correspondendo a 58,3% de todo o capital investido nos custos fixos para a instalação da unidade. Os custos referentes a valores indiretos são responsáveis por 28,6% na instalação da unidade.

O sistema desenvolvido, após a análise de custos, apresentou um VPL de 302.202,46 e TIR 45%. Para o investimento de implantação, o período de retorno foi de 1,5 anos. Em termos de sensibilidade, a variação na obtenção das vísceras, em 90% superior, ao valor de referência (R\$0,15), na fonte de matéria prima, ocasionará valor de R\$ 33.731,30 na VPL. Assim, a verificação desta nova fonte de biomassa na geração de energia torna-se viável com o desenvolvimento de uma nova tecnologia que poderá agregar valor aos rejeitos e diminuir os impactos ambientais provocados pela piscicultura.

A unidade de extração, de acordo com a avaliação de custos, terá um ponto de equilíbrio financeiro quando estiver operando com 63% da capacidade instalada. Para valores superiores a 63% da capacidade, ou seja, 272.160,00 Kg de vísceras, a unidade irá acarretar em uma lucratividade mensal. Esta quantidade de víscera corresponde ao mínimo de dois turnos de operação da máquina (288.000 Kg de vísceras).

A implantação de um sistema integrado (óleo e adubo) irá gerar, além da redução de impactos ambientais, empregos, qualificação do setor produtivo e ao fim de um ano produtivo o valor acumulado poderá chegar a R\$259.197,06. Assim sendo, a comprovação da rentabilidade do sistema desenvolvido faz com que o equipamento seja fundamental ao desenvolvimento do setor de pesca e aquicultura.

A análise de sensibilidade possibilitou verificar que, para valores inferiores a 10% de R\$ 2,00 o sistema biopeixes, levando em consideração os encargos e impostos, torna-se não viável sua implantação. Lembrando que para esta margem é considerado que as vísceras são obtidas a um valor de R\$0,15 o kg. No entanto, a junção entre os processos de produção de óleo

e compostagem justificam, financeiramente, a implantação deste projeto em territórios produtivos de pescados. É importante que lembremos que o projeto possui um enfoque ambiental muito expressivo. E a inserção desta tecnologia contribuirá para agregar valores sociais, econômicos e ambientais; uma vez que a busca por aumento da produção de alimentos tende a crescer, as perspectivas remetem ao desenvolvimento de tecnologias que possam agregar valor aos produtos, subprodutos e rejeitos. E as inovações tecnológicas devem possuir características que não somente agreguem valor financeiro, como também valores social e ambiental.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

- Implementar uma estratégia de controle ao sistema desenvolvido;
- Obter as funções de transferência da unidade desenvolvida;
- Obter a simulação numérica em termos de funções de transferência do sistema desenvolvido;
- Realizar avaliação em CFD (*Computational Fluid Dynamics*) em pontos estratégicos da Unidade;
- Implementar uma Análise HAZOP ao sistema;
- Implementar modelo de Lógica Fuzzy na unidade desenvolvida;
- Implementar Redes de Petri na unidade desenvolvida;
- Comparar o desempenho da implementação de uma análise HAZOP com Redes de Petri;
- Comparar o desempenho da implementação de uma análise HAZOP com Redes de Petri e Lógica Fuzzy.

REFERENCIAS

ADEOTI, I. A.; HAWBOLDT, K. A review of lipid extration from fish processing by-product for use as a biofiel. **Biomass and bioenergy**, n, 63, p.330-340, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). **Boletim mensal do biodiesel**. 2015.

ALBUQUERQUE, G. A. **Obtenção e caracterização físico-química do biodiesel de canola (Bussica Napus)**. 2006.100f. Deissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa, 2006.

ALMEIDA, V. F .; GARCIA-MORENO, P. J.; GUADIX, A. et al. Biodiesel production from mixtures of wast fryingoil: Optization of fuel properties. **Fuel processing techlogy**, n.133, p.152-160, 2015.

AN, C. J.; HUANG, G. H.;YAO, Y. et al. Performance of in-vessel composting of foor wast in the presence of coal ash and uric acid. **Journal of Hazardous Materials**, v.203, p.38-44, 2012.

ANBEL, L. **Prospecção de componentes bioativos em resíduos de pescado visando à sustentabilidade da cadeia produtiva**. Piracicaba, 2011. 137f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo da Tilápia do Nilo (Oreochomis Niloticus) para a obtenção de silagem e óleo como subproduto**. Piracicaba, 2014. 91f. (Dissertação mestrado em ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ASSAF NETO, A. **Estrutura e Análise de Balanços** – Um Enfoque Econômico-financeiro. São Paulo: Atlas, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). Arquivo com Estatística Mensal. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Agricultura. **Boletim estatístico da pesca e aqüicultura Brasil 2014**. Brasília, Brazil, Ministério da Pesca e Agricultura, 101p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Agricultura. **Boletim estatístico da pesca e aqüicultura Brasil 210**. Brasília, Brazil, Ministério da Pesca e Agricultura, 60 p.

BAIN; COMPANY. **Potencial de diversificação da indústria química Brasileira**. Relatório 3 – Óleo químicos, 2014.

BERTULHO, E. Ensilados de Pescados em la pesqueria artesanal. In: **Consulta de Expectos sobre Tecnologia de produtos pesqueiros em America Latina**, 2. Montevideo, Uruguai, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO. FII 819/RLAC/2, 1989b.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES/RJ, 2001.

BIODIESELBR. **Brasil e Japão vão ampliar discussões sobre combustíveis como etanol e biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/japao-investe-etanol-biodiesel-31-05-06-htm>>. Acesso em: 26 out. 2007.

BOSCARDIM, N. R., 2008. A produção aquícola Brasileira. In: Ostrensky, A.; BORGUETTI, J.R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília.

BRITO, Y. C. **Esterificação e transesterificação na presença de complexos de titânio e zircônio**. Dissertação (Mestrado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), 2008.

BUARQUE. C. **Avaliação Econômica de Projetos**. Editora Campus. 1984.

CAMARGO, S. G. D.; POUÉY, J. L. O. F., 2005. Aquicultura – um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n. 4, p.393-396.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia econômica, Tomada de decisão e Estratégia Empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.

CASTAGNOLLI, N. **Estado da arte da aquicultura brasileira**. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. et al., (Ed.) **Tópicos Especiais em 22 Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. 1.ed. TecArt: São Paulo, SP, 2004.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura Intensiva de espécies nativas brasileiras. In: Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes, Piracicaba, 1997. **Anais...** Campinas: CNBA, 1997, p.117-130.

CASTELLANELLI, C. A. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria - RS**. 2008. 112 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008

CHONG, A. S. C.; HASHIM, R.; ALI, A. B. Assessment of dry matter and protein digestibility of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using in vivo and in vitro methods. **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.229-238, 2002.

COELLO, N.; BRITO, L.; NONUS, M. Biosynthesis of L. lysine by *Corynebacterium glutamicum* on fish silage. **Bioresouce Technology**, v.73, p.221-225, 2000.

CONTRERAS-GUSMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Finep, 1994, 409f.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J. et al. Rheological Behavior of Castor oil Biodiesel. **Energy e Fuel**, v.19, p.2185-2180, 2005.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J. et al. Rheological behavior of castor oil Biodiesel. **Energy Fuel**, n. 19, p. 2185-2188, 2005.

COSTA, R. C.; T. PRATES, C. P.; PIEROBON, E. C. **Formação do Mercado de Biodiesel no Brasil**. Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDS), 2007. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: jan. 2016.

COULSON; RICHARDSON'S. Chemical Engineering. **Department of Chemical and Biological Process Engineering University of Wales Swansea**. 3. ed. v. 6. 1999.

CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. A. et al. A situação da aquacultura e da pesca no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n. 3/4, p.81-84, 2006.

CRISTENSEN, T. E.; BIMBO, A. P. Fish oil for use as hydraulic oil. **Bioresouce Technology**, v.1, p.49-54, 1996.

DALFOVO, W. C. T.; YONENAGA, W. H.; ZILIO, J. A. **viabilidade socioeconômica da produção de adubo orgânico para assentamentos agrícolas na região norte de mato grosso**. IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO. Brasília, 2011.

DANTAS, M. B.; ALMEIDA, A. A. F.; CONCEIÇÃO, M. M. et al. Characteriozation and kinetic compensation efect Corn Biodiesel. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v 87, p.847, 2007.

DELTACO₂.; CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA- CENA. **Pegada de carbono na produção de biodiesel de soja**. Piracicaba, 2013.

DIAS, F. P. **Aproveitamento de vísceras de tilápia do Nilo para produção de Biodiesel**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil- Ambiental) - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2009.

DIAS, F. P. **Produção sustentável do biodiesel de óleo e gordura residual: Estudo comparativo do processo do biodiesel com água e adsorventes sintéticos**. Fortaleza, 2015. 165f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

DIAS, J. M.; ALMEIDA, M. F.; COSTA, J. F. et al. Biodiesel production using oil from fish canning industry wastes. **Energy conversion and management**, n. 74, p. 17-23, 2013.

DIAS, J. M.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; ALMEIDA, M. F. Production of biodiesel from acid waste lard. **Bioresour Technology**, n.100, p.6355-6361, 2009.

DISNEY, J. G.; TATTERSON, I. N.; OLLEY, J. et al. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Science**, v.20, n.2, p.129-144, 1979.

DISNEY, J. G.; TATTERSON, I. N.; OLLEY, J. Recent developments in fish silage. In: **Conference on the handling, processing and marketing of tropical fish**. London, 1976. Proceeding. London: Ministry of Overseas Development, 1977, p.321-340.

DROZD, J.; JAMROZ, E.; LICZNAK, M. et al. Organic matter transformation and humic indices of compost maturity stage during composting of municipal solid wastes. **Grünwaldzka**, v. 53, p.855-861, 1997.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- EPA. **A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions**. Draft Technical Report, EPA420-p-02001, 2002.

ESPINOLA FILHO, A. **Aproveitamento de resíduos de pescado como fertilizantes marinho**. São Paulo, 1997. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Mackenzie.

FADHIL, A. B.; AL-TIKRITY, E. T. B.; ALBAIHEE, M. A. Transesterification of a novel feedstock, cyprinus carpio fish oil: Influence of co-solvent and characterization of biodiesel. **Fuel**, n.162, p. 215-223, 2015.

FADHIL, A. B.; ALI, L. H. Alkaline – catalyzed transesterification of silurus triostegus Heckel fish oil. **Renewable Energy**, n.60, p.481-488, 2013.

FAO. **Animal Resources information System**. 2003a. Disponível em:<<http://www.fao.org>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

FAO – Fisheries Department, Fishery Information Data and Statistics Unit. Fishstat plus: Universal software for fishery statistical time series. **Aquaculture production**: quantities 1950 – 2005, Aquaculture production: values 1984-2005; Capture production: 1950-2005. Version 2.30. Roma: FAO, 2007. Disponível em:<<http://www.fao.org>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

FELIZARDO, P. M. G. **Produção de biodiesel a partir de óleos usados de fritura**. Relatório de estágio (Licenciatura em Engenharia Química) QUERCUS, 2003.

FELTES, M. M. C. **Produção de monoacilgliceróis e diacilgliceróis ricos em ácidos graxos ômega-3 a partir da glicerólise enzimática de óleo de peixe**. 2011, 172f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina, 2011.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.6, p.669-677, 2010.

FERNANDES JÚNIOR, F.; KANO, C.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DONADELLI, A. Efeito de fertilizante orgânico oriundo de restos de pescado fresco fermentado, em batata produzida em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.184-188, 2009.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p.19-35, 2005.

FERROLI, P. C. M.; F.NETO, M.; C.FILHO, N. et al. Fabricas de subprodutos de origem animal: A importância do balanceamento das cargas dos digestores de vísceras. **Production**, v.10, n.2, 2000.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. **Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual**. BNB, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2008

FOUNTAIN, W. N.; HARKE, C.; WARNER, R. et al. **Home composting**: a guide to managing Yard West. Lexington: Cooperative Extension Service, 2005. Disponível em:<<http://www.ca.uky.edu>>. Acesso em: 09 jan. 2015.

FONTAINHAS-FERNANDES, A.; GOMES, E.; REIS-HENRIQUES, M. A. et al. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile Tilapia: Digestibility and growth Performance. **Aquaculture International**, v.7, p.57-67, 1999.

FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yield of fatty esters transesterified vegetable oils. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 61, p. 1638-1643, 1989.

FREMAN, H. G.; HOOGLAND, P. L. Processing of cod and haddock viscera. In: Laboratory experiments. **J. Fish. Res. Bd. Conv.** v, 13, n.6, p. 869-877, 1956.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C. et al. Coeficiente de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba. 2001. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001, p.1407-1408.

FURUYA, W. M. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela do farelo de soja com base em proteína ideal em rações para a Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu, 2000. 69f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” São Paulo.

FU, J.; HUE, B. T. H.; TURN, S. Q. Oxidation stability of biodiesel derived from waste catfish oil. **Fuel**, v, 202, p. 455–463, 2017

GARCIA-MORENO, P. G.; GUADIX, A.; GUADIX, E. M. et al. Optimization of biodiesel production from waste fish oil. **Renewable Energy**, n.68, p.618-624, 2014.

GEORGIANNIA, K. G.; KONTOMINASA, M. G.; POTONISA, P. J. et al. Conventional and in situ transesterification of sunflower oil for the production of biodiesel. **Fuel processing technology**, v, 89, p. 503-509, 2008.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A. et al. Biodiesel de soja – Reação de Transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v.30, n.5, p-1369-1373, 2007.

GHOBIAN, B.; YAHYAEE, R.; NAJAFI, G. Waste fish oil biodiesel as a source of renewable fuel in Iran. **Renew. Sustainable Energy Reviews**, 2013; 17: 312-19.

GODUNAGUR, S.; MURTHY, C. S.; REDDDY, R. P. Performance and emission characteristics of a kirloskar HA394 diesel engine operated on fish oil methyl esters. **Renewable energy**, n.35,p.355-359, 2010.

GRABOSKI, M. S.; MCCORMICK, R. L.; ALLEMAN, T. L. et al. **The Effect of Biodiesel Composition on Engine Emissions from a DDC Series 60 Diesel Engine** – Final Report; Colorado Institute for Fuels and Engine Research, Colorado, 2003.

GUZMÁN, J. M.; VIANA, M. T. Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet. **Aquaculture**, v.165, p.321-331, 1998

GUO, R.; LI, G.; JIANG, T.; et al. Effect of aeration rate, C/N ratio and maturity of compost. **Bioresource Technology**, v.112, p.171-178, 2012.

GUSE, J. C.; ZULIAN, A.; ÁVILA, V. S. et al. Usina de compostagem: Uma opção econômica e sustentável. **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.7, n.7, p.1326-1334, 2012.

GUTIERRE, S. M. M. **Ferramentas fisiológicas para a avaliação do potencial invasor de peixes dulcícolas**, 2011, 72f. Dissertação (Mestrado em ecologia e Conservação) – Setor de Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

HASSAN, T. E.; HEATHE, J. L. Chemical and nutritive characteristics of fish silage produced by biological fermentation. **Biological wastes**, v.20, n.3, p.187-201, 1987.

HASSEN-TRABELSI.; A. B.; KRAIEM, T.; NAOVI, S. et al. Characterization of the liquid products obtained of the liquid products obtained from Tunisian waste fish fats using the pyrolysis process. **Fuel processing Technology**, n.138, p.404-412, 2015.

HARZIN, F. H. V, 2006. A pesca na zona econômica exclusiva, zee: Sua importância para o Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.1, n.1, p. 10-18.

HAARD, N. F.; KARIEL, N.; HERZBERG, G.; et al. Stabilization of protein and oil fish in silage for use as on ruminant feed supplementes. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.36, n.4, p.229-241, 1985.

HAY, J. C. Pathogen destruction and biosolids composting. **Biocycle**, Emmaus, v.37, p. 67-76, 1996.

HAWBOLDT, K.; JAYASINGHE, P. A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n.16, p. 798-821, 2012.

HIZANO, H.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. **Aquicultura: Manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna: Embrapa, 2013. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/doc95.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

HOCEVAR, L. Biocombustível de óleo de gorduras residuais – A realidade do sonho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, **Anais...**, 2005.

HOLANDA, A. dep. **Programa biodiesel nordeste, com inclusão social**. Brasília, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. IAL. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. Zenebon, O; Pascualet, N.S.; Tiglea, P. (Coord). 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2009.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Anuário estatístico, 2014**, 458p.

ISLAM, S.; KHAM, S.; TANAKA, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and near shore environments. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 40, n.1-2, p.103-110. 2004.

KELLEHER, D. **Composting fish wast from the agriculture industry: a technical guide**. [S.I]: Fishiries Notes, Department of primary Industries, State of Victoria, 2006.

KISS, A. A.; OMOTA, F.; DIMIAN, A. C.; ROTHENBERG, G. **The heterogeneous advantage: biodiesel by catalytic reactive distillation**. top. Catalysis, v.40, n.1-4, p.141, 2006.

KOMPIANG, I. P. Fish silage: Its prospect and future in Indonesia. **Indonesia Agriculure Research & Development Journal**, v.3, n.1, p.9-12, 1981.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: [s.n.], 1998.

KIEHL, E J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. et al. **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

KRAUSE, L. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. 2008. Porto Alegre. 147f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

KRAYCHETE, G. **Como fazer um Estudo de Viabilidade Técnica/Econômica**. In: Consulta Economia Popular: Viabilidade e Alternativas. Promovido pela CESE – CEADe. Salvador, 1997.

KUBITIZA, F.; CAMPOS, J. L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento do pescado. **Panorama da Agricultura**, v. 16, n. 94, mar. p.23-29.

KUBTIZA, F.; CAMPOS, J. L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.16, n.94, p.23-29, 2006.

LAOS, F.; MAZZARINO, M. J.; WALTER, I. et al. Composting of fish offal and Biosolids in Northwestern Patagonia. **Bioresource Technology**, v.81, p.179-186, 2002.

LIAO, P. H.; MAY, A. C.; CHIENG, S. T. Monitoring process efficiency of a full scale in-vessel system for composting fisheries wastes. **Bioresource Technology**, v.54, p.159-163, 1995.

LEE, S. B.; PARK, J. W.; HONG, I. K. Optimization of fish- oil based biodiesel synthesis. **Journal of industrial and industrial Engineering chemistry**, n.19, p.764-768, 2013.

LIANG, Y.; LEONARD, J. J.; FEDDES, J. J. R. et al. A mathematical model of ammonia volatilization in composting. **Transaction of the ASAE**, v.47, p.1667-1680, 2004.

LIMA, A. A. S. **Viabilidade Técnico – Econômico da produção de biodiesel via rota alcalina e supercritical baseada em óleo residual**. 2013. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

LIMA, D. R. **Produção de ésteres etílicos (Biodiesel) a partir da transesterificação básica do óleo residual**. 2008, 185f. Dissertação (Mestrado em engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas, São Paulo, 2008.

LIMA, L. K. F. **Reaproveitamento de resíduos sólidos da cadeia agroindustrial do pescado**. Palmas: Embrapa pesca e Aquicultura, 28f, 2013.

LIN, C. Y.; LI, R. J. Fuel properties of biodiesel produced from the crude fish oil from the soapstock of marine fish. **Fuel processing Technology**, n. 90, p.130-136, 2008.

LIN, C. H.; HUANG, T. H. Cost – benefit evaluation os using biodiesel osan alternative for fishing boats in Taiwan. **Marine Policy**, n. 36, p.103-107, 2012.

LIN, C. Y.; LI, R. J. Engine performance and characteristics of marine fish-oil biodiesel produced from the discarded parts of marine fish. **Fuel processing Technology**, n. 90, p.883-888, 2009.

LOPES, J. C. S.; LIMA, R. M.; C. JUNIOR, W. O. et al. Comercialização e consumo de pescado em São Luiz de Montes Belos – Goiás. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; JORNADA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 2010. Goiás. **Anais...** Goiás: Universidade Estadual de Goiás.

LOVSHIN, L. L. Red tilapia or Nile tilapia: which is the best culture fish? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1998. p.179-198.

LUCENA, I. L.; SILVA, G. F.; FERNANDES, F. A. N. Biodiesel production by esterification of oleic acid with methanol using a water adsorption apparatus. **Ind. Eng. Chem.**, v. 47, p. 6885 – 6889, 2008.

LUSTOSA NETO, A. D. **Elaboração e caracterização química funcional e nutricional de ensilados de resíduos de pescados da família Lutjanidae**, Fortaleza, 1994, 77f. Dissertação (Mestrado em tecnologia de alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, v. 70, p. 1 – 15, feb. 1999.

MACHADO, S. T.; JORDAM, R. A.; SANTOS, R. C. et al. Geração de Biogás com dejetos provenientes da piscicultura. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. “ INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”. **Anais...** São Paulo, 2013.

MADUREIRA, L. A. S.; WISNIEWSKI JR, A.; SIMIONATTO, E.L. et al. Biofuel from waste fish oil pyrolysis. **Fuel**, n.89, p.563-568, 2010

MADY, F. T. M. **Produção de adubo orgânico**: Fonte alternativa de renda para pequenos produtores. Manaus: SEBRAE – AM/ Programa de desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000.

MAIA, W. M. **Adequação do processamento da silagem de resíduos de tilápia, caracterização dos lipídios e da fração seca em pó**. 1998. 116f. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1998.

MAIA JUNIOR, W. M.; SALES, R. O. Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescados. uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Saúde Animal**, v.07, n.2, p. 126-156, 2013.

MANDELLI, M. Q. A preservação ácido no aproveitamento econômico do pescado e dos resíduos de sua industrialização. **Equipesca J**, v. 44, p. 47-52, 1972.

MANUAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999, 297f.

MARCHETTI, J. M.; MIGUEL, V. U.; ERRAZU, A. F. Heterogeneous esterification of oil with high amount of free fatty acids. **Fuel**. v. 86, n. 906, 2007.

MARTINS, G. I.; SECCO, D.; ROSA, H. A. et al. Renewable and Sustainable Energy. **Reviews**, n.42, p.154-157, 2015.

MARTINS, G. I. **Potencial da Extração de óleo de peixe para produção de biodiesel**. 2012. 93f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

MARTINS, W. S. **Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos da indústria de pesca no Brasil**. 2011, 101f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MEIER, H. F.; WIGGERS, V. R.; WISNIEWSKI JR, A. et al. Biofuel from wast fish oil pyrolysis: Continuous production in a pilot plant. **Fuel**, n. 88, p.2135-2141, 2009.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO. **Benefícios ambientais da produção e do uso do biodiesel**. Relatório apresentado à Câmara da cadeia produtiva de oleaginosas e biodiesel em outubro de 2013, Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Disponível em:<[http://www.mme.gov.br/site/menu/ Select_main_menu_item](http://www.mme.gov.br/site/menu/Select_main_menu_item)>. Acesso em: jul. 2007.

MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. **Quim. Nova**, v. 32, p. 639-648, 2009.

MOTA, F. A. S. **Obtenção de poliglicerois a partir de glicerina purificada (P.A)**. 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MOTA, F. A. S.; LIMA, A. A. S.; C.FILHO, J. T. et al. Desenvolvimento de uma unidade piloto destinada a extração do óleo de vísceras de tilápia para posterior utilização na cadeia produtiva de biodiesel. **Revista Geintec**, São Cristovão, v.4, n.3, p.1252-1269, 2014.

MOTA, F. A. S.; LIMA, A. A. S.; C.FILHO, J. T. et al. Desenvolvimento de uma unidade simplificada destinada a extração do óleo de vísceras de tilápia para posterior utilização na cadeia produtiva de biodiesel. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA - CONTEC, 2014. Teresina. **Anais...** Teresina, 2014.

MORALES-ULLOA, D. F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinhas. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 17, n.3. p. 252-258, 1997.

MORTON, O. **The dream that failed. Special Report Nuclear Energy.** The Economist, Murch 10 th 2012, p. 1-20.

NAKAMURA, A.; KIKUCHI, M. What we know, and what we have not yet learned: Triple disasters and the Fukushima nuclear fiasco in Japan. **Public and administration Review**, v. 71, Issue 6, p. 893-899, 2011.

NEU, D. H. **Glicerol na dieta de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** 2011. 55f. Deissertação (Mestrado em Recursos pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo, Paraná, 2011.

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

NUNES, S. P. **Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil.** Departamento de Estudos Sócio- Econômicos Rurais. Boletim Eletrônico do Deser, n.159, 2007.

O'BRIEN, R. **Fats and oils: Formulation and processing for application.** 3. ed. CRC Press, 2009. 765p.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado cultivado: Unidades modulares com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais.** Piracicaba, 1999. 96f. Tese (Livre docência) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1999.

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

OLIVEIRA, R. M. E. **Caracterização de Óleos e Farinhas, obtidos de silagem ácida de resíduos da filetagem de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Lavras, 171f. Tese (Doutorado em ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OLIVEIRA, L. B.; COSTA, A. O. **Biodiesel** – uma experiência de desenvolvimento sustentável. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel uma aventura tecnológica em um país engraçado**. Fortaleza: Unigrafica, 2003.

PRÁ, M. A. D.; CORRÊIA, E. K.; CORRÊIA, L. B. et al. **Compostagem como alternativa para Gestão Ambiental na produção de suínos**. Porto Alegre: Evangraf, 2009.

PETERSEN, H. Acid preserved of fish ond fish offal. **FAO fish. Bull.** v.6, p.18-22, 1953.

PILOTTO, M. V. T. **Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade pesqueira da colônia de pescadores Z3, Pelotas- RS**. Pelotas, 2014. Trabalho de Conclusão de curso – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PIMENTA, M. E. S. G.; OLIVEIRA, M. M.; LOGATO, P. V. R. et al. Desempenho produtivo e digestibilidade pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus Linnaeus, 1758*) alimentada com dietas suplementadas com níveis de silagem ácida de pescado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.1952-1959, 2008.

PITTIGLIANI, H. A. **Resíduos de pescado: produção de biodiesel e extração de colágeno**. 2014. 74f. Medicina veterinária. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto alegre, 2014.

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba. **Anais...**, A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: FEALQ, 2001a, p.528-542.

POTTER, D.. TATTERSON, I.; WIGNALL, J. Preliminary Studies of two technique for the removal of oil from fish silage using commercial equipment. In: CONNELL, J. **Advances in fish Science and Technology Surrey: FAO Fishing News Books**, 1979. p.338-343.

RAA, J.; GILDBERG, A. Fish silage: A Review. CRC. Crit. **Revist Food Science and Nutrition**, v. 16, p.383-419, 1982.

RAI, A. K et al. Effect of fundamentation ensilaging on recovery af oil from fresh water fish viscera. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v.56, 0.0-13, 2010.

RAMIREZ, A. **Salmon by- product proteins**: Rome: FAO, 2007, 31f (Fisheries circular, 1027).

RASHID, U.; ANWAR, F. Production of biodiesel through optimized, alkaline – catalyzed transesterification of repressed oil. **Fuel**, n.87, p.2665-2673, 2008.

REECE, P. Control and reduction of free fatty acid concentration in oil recovered from fish silage prepared from sprat. **Journal and Science Food Agriculture**. London, v. 31, p. 147-155, 1980.

REI, P. A. G. V. 2007. 142 f. **Procedimentos laboratoriais para o controlo da qualidade do biodiesel**. Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2007.

RIVERO, L. E.; VIANA, M. T. Effect of pH, water and toughness of artificial diets on the palatability juvenile abalone, *Haliotis fulgens*. **Aquaculture**, v. 144, p.353-362, 1996.

RODRIGUES, E. A. **Avaliação dos resíduos gerados no processo produtivo de pescado na colônia de pescadores Z3**. 2013, 59f. Monografia (Engenharia Ambiental e Sanitária)- Centro de Engenharias, Universidade Federal de pelotas, Pelotas, 2013.

RODRIGUES, J. S.; VALLE, C. P, GUERRA, RIOS, M. A.; MALVEIRA, J. Q, RICARDO, NÁGILA, M. P. S. Study of kinetics and thermodynamic parameters of the degradation process of biodiesel produced from fish viscera oil. **Fuel Processing Technology**, v.161, p. 95-100, 2017

ROSA, M. J. S. **Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de Tilápia e avaliação do impacto econômico**. Jaboticabal, 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

SAKTHIVEL, G.; GAIKWARD, A. B.; NAGARAJAM , G. et al. Comparative analysis of performance, emission and combustion parameters of diesel engine fuelled with ethyl esters of fish oil and its diesel blends. **Fuel**, n. 132, p.116-124, 2014.

SALTARIN, M. J. **Produção de biodiesel em laboratório a partir de óleo e gordura residual pela rota etílica com hidróxido de sódio**. Salvador, 2013. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 210 p.

SANTANA, G. C. S. **Simulação e Análise de Custos de produção de Biodiesel a partir de óleos vegetais**. 2008. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.

SANTOS, I. M. G.; SILVA, F. C.; SOLEDADE, L. E. B. et al. Characterization and kinetic compensation effect corn biodiesel. **Journal of thermal analysis and a calorimetry**, v. 87, p. 847, 2007.

SANTOS, JR de J. **Biodiesel de Babaçu**: Avaliação térmica, oxidativa e Misturas binárias. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB) , João Pessoa, 2008.

SCHARMER, K. **Biodiesel – Energy and Environmental Evaluation of Rapeseed-Oil-Methyl-Ester**; Union for Promoting Oilseeds and Proteinplants, Novembro 2001.

SCHIEWERS, S.; HOREL, A. Influence of fluctuation temperature on biodegradation rates of fish biodiesel blends contaminating Alaskan Sand. **Chemosphere**, n.83, p. 652-660, 2011.

SCHIEWERS, S.; HOREL, A. Influence of inocula biodegradation rates of diesel, synthetic diesel, and fish biodiesel in soil. **Chemosphere**, n.109, p. 150-156, 2014.

SCORVO FILHO, J. D.; FRASCÁ- SCROVO, C. M. D.; ALVES, J. M. C. et al. A Tilapinocultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 112-118. 2010.

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil- Série Estudos mercadológicos**, 71f. 2015.

SEGURA, J. G. **Extração e caracterização do óleo de resíduos de peixes de água doce**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

SEIBEL, N. F.; SOARES, L. A. S. Produção de silagem com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of food technology**, v.6, n.2, p-333-337, 2003.

SEIDER, W. D., SEADER, J. D., LEWIN, D. R. e WIDAGDO, S. **Product and Process Design Principles**, John Wiley and Sons, 2a Ed., (2004).

SHAY, E. G. Diesel fuel from vegetable oils: status and opportunities. **Biomass and Bioenergy**, v. 4, p. 227-242, 1993.

SHEEHAN, J.; TERRI, D.; JOHN, B.; PAUL, R. "A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program- Biodiesel from Algae." National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-580-24190, 1998.

SILA, J. D.; SANTOS, C. E.; ZINANI, F. et al. Oil from the acid of Nile Tilapia wast: Physicochemical characteristics for its application as biofuel. **Renewable Energy**, n.80, p.331-337, 2015.

SILVA, G. de S.; MOURA, M. P.; MIRANDA, A. J. et al. WORKSHOP BRASIL- JAPÃO EM ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3, 2007. Unicamp. **Anais...** 2007.

SILVA, O. C. **Análise do aproveitamento econômico do óleo de palma na Guiné- Bissau na perspectiva do desenvolvimento sustentável.** Dissertação (Mestrado em energia), Universidade de São Paulo, 1997.

SOETHE, G. C. **Aproveitamento da massa visceral da Tilápia (*Oreochromis Niloticus*) para produção de biogás.** 2014. 51f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Federal do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

SOLOMONS, G. T. W.; FRYLE, C. B. **Química Orgânica.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, v. 2, 2002.

SOUZA, F. A. S.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S. F. **A compostagem – Seropidica:** Embrapa Agrobiológica, 10f, 2001 (Embrapa Agrobiológica – Comunicado Técnico, 50).

SOUZA, V. G. A.; SANTOS, L. U.; CAMPOS, A. F.; CAROLINO, J. Análise do programa nacional de produção e uso do biodiesel (pnpb): resultados e críticas. **Revista de Administração Geral**, v.1, n.1, p.23 - 41, 2015.

SOUZA, R. C. R. **Planejamento do suprimento de eletricidade dos sistemas isolados na Região Amazônica:** uma abordagem multiobjetiva. Faculdade de Engenharia Mecânica/Departamento de Energia. Tese de D.Sc. UNICAMP, Campinas, 2000.

STONE, D. A. J.; ALLAN, G. L.; PARKINSON, S. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. III-Digestibility and growth using meat meal products. **Aquaculture**, v.186, p.311-326, 2000.

SUZUKI, T. Deconstructing the zero – risk mindset: The lessons and future responsibilities for a post – Fukushima nuclear Japan. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 67, Issue 5, p.9, 2011.

STEENBLIK, R. Liberalisation of Trade in Renewable Energy and Associated Technologies: Biodiesel, Solar Thermal and Geothermal Energy. OECD – Organization for Economic Co-operation and Development, 2006.

TAKURA, L. K.; MARTINS, G. I.; SECCO, D. et al. Potential of tilápia oil and wast in biodiesel production. **Renewable and Sustentable Energy Reviews**, n.42, p.234-239, 2015.

TAKISHITA, S. S.; LANNA. E. A. T, DONZELE, J. L, MARCOS, A. D.; BOMFIM, M. A. D.; MOISÉS, Q. M.; SOUSA, P. M. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.11, p.2099-2105, 2009

T.PRATES, P. C.; PIERUBON, E. C.; COSTA, R. C. Formação do mercado do biodiesel no Brasil. **BNDS setorial**, Rio de Janeiro, n.25, p. 39-64, mar. 2007.

TATTERSON, I. N: WINDSOR, M. L. Fish Silage. Aberdeen, Ministry of Agriculture, **Fisheries and Food/Torry Research Station**, 6p. Torry adv.Not. n.64. s/d.

TATTERSON, I. N.: WINDSOR, M. L. Fish Silage. **Journal Science Agriculture**, v. 25, p. 369-379, 1954

TOTTERSON, I. N.; WINDSOR, M. L. Fish silage. **Journal Science Food Agriculture**, v.25, p. 369-379, 1974.

USDABrazil.org.br, **Agriculture Situation Market Report**. Disponível em:<www.usdabrazil.com.br>. Acesso em: Jun. 2007.

USHAKOV, S.; VALLAND, H.; ESOY, V. Combustion and emission characteristics of fish oil in heavy duty diesel engine. **Energy conversion and management**, n.65, p.223-228, 2013.

VALLE, C. P.; LIMA, A. A. S.; BEZERRA, G. K. M. et al. Comparativo do processo de extração do óleo de vísceras de peixe com e sem seleção da vesícula biliar e outros materiais não adiposas como insumos para produção de biocombustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51, 2011. **Anais...** 2011.

VALENTE, B. S.; XAVIER. E. G.; MORSELLI, T. B. G. A. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arquivos de Zootecnia**, v.5, p.59-85, 2009.

VALENTE, B. S. **Tecnologias Aeróbicas no tratamento de resíduos da produção animal: Compostagem e Vermicompostagem**. 2013. 102f. Tese (Doutorado em ciências) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

VALENT, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S. et al. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto de Pesca**. São Paulo, p.95-103, 2014.

VARUVEL, E. D.; MRAD, N.; TAZEROUT, M. et al. Assesment of liquid Fuel (bio-oil) production from wast fish and utilization in diesel engine. **Applied Energy**, n. 100, p. 249-257, 2012.

VIANA, M. T.; LOPEZ, L. M.; GARCIA- ESQUIVEL, Z. et al. The use of silage made from fish and abalone viscera as on ingrediente in abale feed. **Aquaculture**, v. 140, p87-98, 1996.

VIDOTTI, R. M. **Produção e utilização de Silagens de peixe na nutrição do pacu (Piaractus mesopotamicus)**. Jaboticabal, 2001. 65f. Tese (Doutorado) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho”.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Disponível em:< <http://www.pesca.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

VIDOTTI, R. M.; VIEGAS, E. M. M.; CARNEIRO, D. J. Amino acid composition of processed fish using diferent raw material. **Animal Feed Science and Technology**, v.105, p.199-204, 2003.

VIDOTTI, R. M. Tecnologias para o aproveitamento integral dos resíduos do agronegócio da piscicultura. In: WORKSHOP DE PISCICULTURA DO NOROESTE PAULISTA, 1, 2009. Votuporanga. **Anais...** Resumos. Votuporanga: Noroeste Paulista, 2009.

VIZCARRA-MAGANÃ, L. A.; AVILA, E.; SOTELLO, A. Silage preparation from tuna fish wastes and its nutritional evaluoation in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1915- 1922, 1999.

VOORT, F. R. V.; SIMPSOM, B. K.; ARYEE, A. M. A. FTIR determination of free fatty acids in fish oils intended for biodiesel production. **Process Biochemistry**, n.44, p.401-405, 2009.

VOLZ, M. D. A.; POZZEBON, A. G.; OLIVEIRA, G. L. et al. Estudo da esterificação ácida de óleos e gorduras de alta acidez para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS. ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4, 2007. Varginha. **Anais...** Varginha, 2007. p.535-1537.

XAVIER, T. O. **Digestibilidade e desempenho de Tilápias do Nilo (Oreochromis Niloticus) Utilizando Farinha de penas submetidas a diferentes tecnologias de Produção**. 2015. 74 f. Doutorado (Doutorado em Zootecnia) . Faculdade de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2015.

ZAHAR, M.; BENKERROUM, N. Effect of temperature, anaerobiosis, string and salt addition an natural fermentation silage of sardine and sardine wastes of malasses. **Bioresouce Technology**, Essex, v.82, n.9, p.171-176, 2002.

ZHANG, Y.; DUBÉ, M. A.; MCLEAN, D. D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. **Bioresouce Technology**, v. 89, p 1–16, (2003a)

WANG, J.; PRETO, F.; ZHONG, F. A study on using fish oil as na alternative fuel for conventional combustors. **Fuel**, v.87, p.2258-2268, 2008.

WU, Y. P.; HUANY, Y. J.; LIN, Y. F. et al. Mackerel biodiesel production from the wast water containing fish oil. **Energy**, n.70, p. 43-48, 2014.