



GERALDO DE OLIVEIRA LIMA EVANGELISTA

**POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO A PARTIR DE RESÍDUO VISCERAL
DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) PARA PRODUÇÃO DE NOVOS
PRODUTOS NA REGIÃO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS – MG.**

**BAMBUI – MG
2019**

GERALDO DE OLIVEIRA LIMA EVANGELISTA

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO A PARTIR DE RESÍDUO VISCERAL DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) PARA PRODUÇÃO DE NOVOS PRODUTOS NA REGIÃO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS – MG.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Bambuí, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti
Coorientador: Prof. Dr. Brenno Santos Leite

Linha de pesquisa: Tecnologias Ambientais

E92p Evangelista, Geraldo de Oliveira Lima.
Potencial de extração de óleo a partir de resíduo visceral de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de novos produtos na região da represa de Três Marias – MG / Geraldo de Oliveira Lima Evangelista. – Bambuí, 2019.
78f.: il.; color.

Orientador: Ricardo Sousa Cavalcanti
Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Bambuí, 2019.

1. Tilapicultura. 2. Sustentabilidade. 3. Resíduos. I. Cavalcanti, Ricardo Sousa. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.70981



FICHA DE APROVAÇÃO

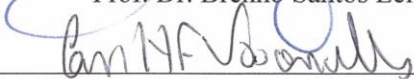
Dissertação de Mestrado, intitulada “**POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO A PARTIR DE RESÍDUO VISCERAL DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL E NOVOS PRODUTOS NA REGIÃO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS - MG**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Geraldo de Oliveira Lima Evangelista**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 22/03/2019, com a média de pontuação de 90.

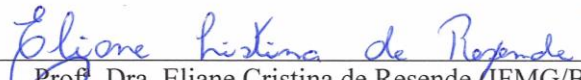
Título do Trabalho – houve alteração (X) Sim () Não


Se sim, qual o título Potencial de extração de óleo a partir de resíduo visceral de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de novos produtos na região da represa de Três Marias - MG Florestal (MG), 22 de março de 2019.

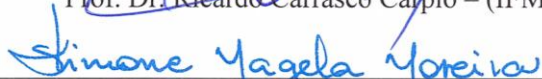

Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti – Orientador (IFMG/BambuÍ)


Prof. Dr. Brenno Santos Leite (UFV/Florestal)


Prof. Dr. Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcelos – membro externo (UFV/Florestal)


Prof. Dra. Eliane Cristina de Resende (IFMG/BambuÍ)


Prof. Dr. Ricardo Carrasco Carpio – (IFMG/Arcos)


Profª. Dra. Simone Magela Moreira (IFMG/BambuÍ)
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí



SUPORTA

Nos momentos de crise,
Não te abatas. Escuta.

Por nada te revoltes,
Nem te amedrontes. Ora

Suporta a provação.
Não reclames. Aceita.

Não grites com ninguém,
Nem firas. Abençoa.

Lance de sofrimento
É o ensejo da fé.

Silencia. Deus sabe
o instante de intervir

(Caminhos – Francisco Candido Xavier – p.25)

AGRADECIMENTOS

Deus do Universo... sou grato pela vida que me destes, por cada amanhecer que renova as oportunidades de servir o Vosso propósito, por cada anoitecer que me permite dar descanso ao meu corpo e liberdade a minha alma.

Professor/Orientador/Amigo Brenno Santos Leite... que desde o primeiro contato esteve atento as minhas necessidades, me dando oportunidades, acreditando em meu potencial... fica aqui o meu agradecimento e os meus pedidos de desculpas por não ter podido fazer tudo que planejamos e que eu gostaria verdadeiramente de ter feito. Obrigado por ter despertado em mim o olhar atendo e cuidadoso sobre o trabalho com resíduos. Sem você o trabalho não teria chegado ao ponto que chegou.

Ao professor Ricardo Sousa Cavalcanti pela confiança e liberdade.

Aos demais professores do Programa de Mestrado.

Aos professores da UFV... em especial ao Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcelos... tem muito do senhor nesse trabalho, afinal de contas, a paixão pela piscicultura foi despertada lá atrás.

A minha amada esposa Helena de Paula Evangelista... por ser tão atenciosa e disposta a entender minhas inúmeras ausências, por estar ao meu lado, por me fazer apaixonar todos os dias e querer viver, viver e viver. O agradecimento não só por este trabalho, mas por todo o processo. Aos meus familiares... Mamãe, Adriana Evangelista, Ana Paula Evangelista, Reginaldo Silva, Luiz Carlos Silva, sobrinhos, Madrinha, primas, tias... cada um a sua maneira e em momentos singulares...

Ao meu grande amigo e padrinho Paulo Victor Ramalho (PVzim)... juntos na arte de entender os processos e manejos com peixes. Ao senhor Edson, tilapicultor que foi o elo entre os meus anseios acadêmicos e a realidade do município de Morada Nova de Minas. O senhor é sem dúvidas um grande homem, trabalhador, honesto, disposto, inteligente e um grande amigo.

Algumas pessoas nem sabem que auxiliaram, mas auxiliaram demais... Colegas de turma, em especial Elias Vasconcelos e Alan Jorge de Oliveira; amigos de vida, meus alunos, meus colegas de trabalho, meus chefes... tanta gente.

Esse trabalho é a conclusão de um sonho, sonho de ser mestre... é a conclusão de um curso que está formando um Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental sim, mas principalmente transformando a vida de um homem. A sensação é de gratidão e dever cumprido.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL
FAZENDA VARGINHA – KM 05 – ROD. BAMBUI / MEDEIROS – CAIXA POSTAL: 05 BAMBUI-MG CEP.: 38900-000
TEL.: (37) 3431.4927 – FAX.: (37) 3431.4954 – E-MAIL: mestrado.sustentabilidade@ifmg.edu.br

BIOGRAFIA

Geraldo de Oliveira Lima Evangelista, filho de Geraldo Romão Evangelista, mecânico e Oselita de Oliveira Lima, dona de casa. Natural de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Nascido em 15/12/1982.

Cursou o Ensino médio na Escola Estadual “Governador Milton Campos” (Estadual Central), em Belo Horizonte – MG, concluindo esta etapa de ensino em dezembro de 2000. Fez a primeira graduação em Educação Física pela Universidade de Itaúna (2005) e a segunda Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* – UFV /CAF (2018). O título do trabalho de conclusão de curso em Agronomia foi “Alternativas sustentáveis para a cadeia produtiva de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em Morada Nova de Minas –MG. Revisão Bibliográfica.

O mestrando enquanto aluno da Graduação em Agronomia atuou como voluntário no Projeto de Piscicultura da UFV/CAF. Inicialmente, ocorreu a reestruturação do Setor que encontrava se inativado por cerca de 10 anos. Durante os quase 5 anos de trabalho no Setor, participou de grupos de estudo, atuou como monitor na disciplina de piscicultura do curso EAD de Agropecuária, participou como monitor da Semana do Produtor Rural da UFV/CAF e realizou trabalhos de pesquisa e extensão rural.

O mestrando atuou como professor substituto no curso de Educação Física entre 2016 e 2018 além de ser professor efetivo da Secretaria do Estado de Educação. Atuou como gestor educacional e possui especialização na área, pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

O interesse pela área de sustentabilidade se deu ao perceber o excesso de resíduo gerado pela cadeia produtora de tilápia. A busca por alguma alternativa que utilizasse o resíduo fez com a agropecuária passasse a ser entendido com um olhar crítico, onde a

produção deveria ser pensada com um olhar mais abrangente. Daí o interesse em estudar os resíduos e as suas possibilidades.

Por já possuir outra graduação, o estudante realizou o processo seletivo enquanto cursava o sexto período do curso de Agronomia e após a aprovação no Programa de Mestrado do Instituto Federal de Minas Gerais, conciliou os quatro últimos semestres da graduação em Agronomia com os quatro semestres do programa de mestrado.

A escolha por Morada Nova de Minas se deu por incentivo do Professor Carlos, responsável pelo Setor de Piscicultura da UFV/CAF, que sempre orientou a procurar aplicar o conhecimento em campo e não apenas produzi-lo em laboratório, desta forma, conheceu o município e descobriu suas particularidades. O produtor Edson foi o elo já que este comercializa seus peixes nas feiras livres do município de Nova Serrana, cidade onde reside o mestrando.

Desta forma, foi possível agregar os conhecimentos adquiridos no curso de Agronomia, no Setor de Piscicultura, no Programa de Mestrado e na cidade de Morada Nova de Minas para a realização deste trabalho.

RESUMO

EVANGELISTA, Geraldo de Oliveira Lima., 2019. **POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO A PARTIR DE RESÍDUO VISCERAL DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) PARA PRODUÇÃO DE NOVOS PRODUTOS NA REGIÃO DA REPRESA DE TRÊS MARIAS – MG. 2019.** 78 páginas. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG – *Campus* Bambuí – Minas Gerais, 2019

A pesca é uma atividade que atravessa toda a história ao lado do homem e encontrou na piscicultura a oportunidade de suprir a demanda mundial por este tipo de proteína. A tilápia-do-Nilo é a espécie que melhor se adaptou ao perfil brasileiro e Morada Nova de Minas é o segundo maior produtor de tilápias do Brasil e apesar da atividade conferir renda aos produtores também vem gerado prejuízos ambientais pelo descarte inadequado de resíduos da tilapicultura. Repensar a atividade aos moldes da Ecologia Industrial e em consonância ao conceito de Biorrefinaria, tornando sustentável é um desafio enorme, mas existem alternativas viáveis. O presente trabalho objetivou aproveitar as vísceras do beneficiamento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção do óleo, caracteriza-lo qualitativamente e quantitativamente e avaliar a sua viabilidade para a produção de novos produtos, como forma de agregar valor a cadeia produtiva e minimizar os impactos ambientais do setor da piscicultura em Morada Nova de Minas, na região de Três Marias, estado de Minas Gerais. Óleo de peixe, produção de biodiesel e espumas de poliuretano são exemplos de coprodutos gerados a partir de resíduos da tilapicultura. A amostra foi formada pelas vísceras de 125 peixes, com massa média 0,8 kg e analisadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal. Realizou-se tratamento prévio e obteve-se a partir das vísceras desidratadas a fração aquosa e a fração orgânica da amostra que originou o óleo que foi analisado. Através de análise, observou-se no óleo características que viabilizaram a produção de biocombustível e espuma de poliuretano. Os produtos foram analisados quantitativamente e qualitativamente. Conclui-se que é possível e viável aproveitar as vísceras do beneficiamento para obtenção do óleo, através de um processo eficiente, de baixo custo e com ótimo rendimento e que o óleo apresenta ótima eficiência no rendimento e adequada qualidade para produção de biocombustível e espuma de poliuretano.

Palavras-chave: Tilapicultura, sustentabilidade, resíduos, biodiesel e poliuretano.

ABSTRACT

EVANGELISTA, Geraldo de Oliveira Lima., 2019. **OIL EXTRACTION POTENTIAL FROM VISILERAL WASTE OF TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) FOR PRODUCTION OF NEW PRODUCTS IN THE REGION OF TRÊS MARIAS – MG. 2019.** 78 pages. Master's Dissertation of the Graduate Program in Sustainability and Environmental Technology of the Federal Institute of Minas Gerais - IFMG - Campus Bambuí - Minas Gerais, 2019

Fishing is an activity that crosses all history alongside man and found in fish farming the opportunity to supply world demand for this type of protein. Nile tilapia is the species that best adapted to the Brazilian profile and Morada Nova de Minas is the second largest producer of tilapia in Brazil and despite the activity of providing income to producers, environmental losses are also generated by the inappropriate disposal of tilapia. Rethinking the activity to the molds of Industrial Ecology and in line with the concept of Biorefinery, making sustainable is a huge challenge, but there are viable alternatives. The objective of this work was to make use of the viscera of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to obtain the oil, to characterize it qualitatively and quantitatively and to evaluate its viability for the production of new products as a way of adding value to the production chain and to minimize the environmental impacts of the fish farming sector in Morada Nova de Minas, in the region of Três Marias, state of Minas Gerais. Fish oil, biodiesel production and polyurethane foams are examples of coproducts generated from tilapia farming. The sample was formed by the viscera of 125 fish, with a mean mass of 0.8 kg and analyzed in the Laboratory of Bromatology of the Federal University of Viçosa - Campus Florestal. Pretreatment was carried out and the aqueous fraction and the organic fraction of the sample which gave rise to the oil which was analyzed were obtained from the dehydrated viscera. Through analysis, it was observed in the oil characteristics that enabled the production of biofuel and polyurethane foam. The products were analyzed quantitatively and qualitatively. It is concluded that it is possible and feasible to take advantage of the viscera of the beneficitation to obtain the oil, through an efficient process, of low cost and with great yield and that the oil presents excellent efficiency in the yield and suitable quality for the production of biofuel and foam of polyurethane.

Key words: Tilapicultura, sustainability, residues, biodiesel and polyurethane.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção e consumo mundial de pescado.....	18
Figura 2 – Maiores produtores mundiais de pescado oriundo da aquicultura (2014)	19
Figura 3 – Crescimento médio anual da produção de carnes no Brasil (2004-2014) Em (%)	21
Figura 4 – Principais espécies produzidas pela piscicultura no Brasil (2013-2015).....	24
Figura 5 – Principais polos produtores de tilápia no Brasil (2015).....	25
Figura 6 – Modelo simplificado da cadeia produtiva da tilápia	27
Figura 7 – Conceito de biorrefinaria no cenário brasileiro.....	32
Figura 8 – Cadeia Produtiva de Tilápia	34
Figura 9 – Fluxograma esquemático da metodologia de obtenção de biodiesel e PU's a partir das Vísceras de tilápia-do-Nilo.....	41
Figura 10 – Resíduos de tilápia-do-Nilo.....	42
Figura 11 – Pré tratamento	43
Figura 12 – Determinação da Porcentagem de Umidade	45
Figura 13 - Determinação de sólidos voláteis	46
Figura 14 – Determinação do percentual de cinzas	47
Figura 15 – Etapas da Extração termoquímica: A – Erlenmeyer com massa visceral pré-tratada; B – Erlenmeyer em autoclave; C – Óleo de peixe pós centrifugação	48
Figura 16 - Etapa intermediária para determinação do Teor de Nitrogênio Total	49
Figura 17 – Determinação do número de hidroxilas	51
Figura 18 – Etapas do processo de transesterificação	52
Figura 19 – Resultados do processo de extração termoquímica mais centrifugação	57
Figura 20 – Perfil do aspecto FT-IR.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados experimentais e respectivo desvio padrão das amostras analisadas	55
Tabela 2 – Resultados obtidos por autores em suas pesquisas sobre resíduo de tilápia. 56	
Tabela 3 – Rendimento de produção do óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo	57
Tabela 4 – Rendimento de produção do óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo	58
Tabela 5 – Teor de Umidade extrínseca das vísceras de tilápia-do-Nilo	58
Tabela 6 – Resultados experimentais e respectivo desvio padrão das amostras analisadas	59
Tabela 7 – Resultados experimentais de diversos autores.....	60
Tabela 8 – Teor de Nitrogênio e Proteínas observados por diferentes autores em diferentes espécies	61
Tabela 9 – Rendimento de produção de biodiesel.....	62
Tabela 10 – Valor de massa específica (kg.m^{-3}) a 20° C.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
ART	Acessório Universal de Amostragem
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FDA	<i>Food and Droug Administration</i>
FT-IR	Espectometria de Infravermelho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PB	Proteína Bruta
PNRS	Programa Nacional de Resíduos Sólidos
PU'S	Poliuretanas
UFV	Universidade Federal de Viçosa
WTE	<i>Waste To Energy</i>

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Panorama da cadeia pesqueira	17
2.2. Tilapicultura	21
2.3. Desenvolvimento Sustentável	28
2.4. Resíduos da cadeia produtiva pesqueira	34
2.5. Alternativas de utilização dos resíduos da tilapicultura	35
3. OBJETIVOS	40
3.1. Objetivo geral	40
3.2. Objetivos específicos	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1. Coleta e preparo das amostras	42
4.2. Pré tratamento	43
4.3. Série Sólidos	44
4.3.1. <i>Porcentagem de Umidade</i>	44
4.3.2. <i>Sólidos voláteis</i>	45
4.3.3. <i>Percentual de cinzas</i>	46
4.3.4. <i>Carbono fixo</i>	47
4.4. Extração do Óleo – Tratamento termoquímico	47
4.4.1. <i>Nitrogênio total Kjeldahl</i>	48
4.4.2. <i>Número de hidroxilas</i>	50
4.4.3. <i>Infravermelho</i>	51
4.4.4. <i>Densidade</i>	51
4.5. Biocombustível	52
4.5.1. <i>Obtenção do biocombustível</i>	52
4.5.2. <i>Caracterização do Biodiesel</i>	53
4.6. Poliuretanas (PU's)	54
4.6.1. <i>Síntese de poliuretanas</i>	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
7. REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

Ser economicamente viável, socialmente justo e ecologicamente correto é o desafio que toda atividade agropecuária tem para que a população possa desfrutar dos benefícios que os ecossistemas oferecem sem comprometer a disponibilidade de recursos naturais às gerações futuras. Com a pesca não seria diferente, a atividade pesqueira é uma das mais antigas da humanidade, porém a extração do peixe no ambiente natural tornou-se mais difícil ao longo dos anos e a piscicultura surgiu como uma forma do homem continuar tendo acesso ao peixe produzido e manejado de acordo com sua necessidade.

A busca por maior produtividade adensou os sistemas produtivos, colocando cada vez mais peixes em volumes de água menores, fato que vem comprometendo a capacidade-suporte e prejudicando a qualidade dos ecossistemas (BRASIL, 2005). A geração de resíduos também aumentou, pois o consumidor deseja que o peixe chegue a sua mesa na forma de filé mas, para isso acontecer uma grande parte do pescado tem sido descartado de maneira equivocada causando danos ambientais importantes nas regiões produtoras (VIANA, 2005)

No Brasil a geração de energia a partir de hidroelétricas fez aumentar as regiões alagadas pelo represamento de rios elevando as áreas passíveis de produção de peixes. Dentre essas áreas represadas, Morada Nova de Minas, na região do lado da Hidroelétrica de Três Marias, no baixo São Francisco destaca-se por ser o segundo município, maior produtor de tilápias-do-Nilo no Brasil (IBGE, 2016).

A tilápia-do-Nilo é a espécie que contempla excelentes características para produção em grande escala, em espaços pequenos e com ótima aceitação pelo mercado consumidor tornando-se a mais produzida no Brasil em tanques-redes colocados em lagos de represas de hidroelétricas e tornando o nosso país um grande produtor mundial.

A piscicultura gera empregos e renda a população, oferta condições dignas de vida, mas gerando uma quantidade enorme de resíduos que podem ser vistos e analisados como matérias-primas para geração de novos produtos. Esta visão da tilapicultura está em acordo com a Ecologia Industrial, que trata-se de uma concepção criada para redefinir a visão tradicional da economia, que extrai matérias-primas do meio ambiente e devolve, em forma de poluição e resíduos (WELLS e ZAPATA, 2012).

Farinha de peixe, silagem, óleo de peixe, biocombustível, glicerina e espuma de poliuretano podem ser produzidos a partir dos resíduos da tilapicultura apresentando a transição da lógica de produção linear para a produção de ciclo fechado. Quando passamos a enxergar a tilapicultura como um complexo integrado de processos e equipamentos capaz de produzir diferentes produtos com base em diferentes biomassas, estamos pensando na tilapicultura em consonância ao conceito de biorrefinaria (CHERUBINI, 2010).

É necessário que a tilapicultura, que ocorre de maneira quase artesanal, seja estudada, tecnificada e avance enquanto processo agroindustrial. Que o produtor passe a ter acesso a informações e a tecnologias que estejam de acordo com a realidade do atual processo, dentro de condições possíveis de serem executadas para que a cadeia produtiva possa ser transformada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Em Morada Nova de Minas – MG os produtores de tilápia-do-Nilo realizam artesanalmente a evisceração para produzir o filé, ou mesmo levar o peixe limpo à comercialização. Isso é hoje problema real observado na atividade já que é elevada a geração de resíduos provenientes deste processo de beneficiamento uma vez que estes não vem recebendo a adequada destinação ocasionando problemas ambientais.

Para compreensão e desenvolvimento dos objetivos e discussão crítica dos resultados obtidos, apresenta-se nesse capítulo uma revisão sobre assuntos relevantes ao trabalho proposto. Apresentaremos o panorama da cadeia pesqueira e a tilapicultura, discutiremos o desenvolvimento sustentável, os resíduos da cadeia produtiva pesqueira e alternativas de utilização de resíduos da tilapicultura.

2.1. Panorama da cadeia pesqueira

A pesca é uma atividade de destaque econômico e social durante toda a trajetória do homem e vem passando por transformações, mas ainda necessita ser repensada para que se torne sustentável e que não haja comprometimento dos recursos naturais às gerações futuras. A produção de pescado é obtida da pesca artesanal, pesca industrial e do cultivo de organismos aquáticos ou aquicultura.

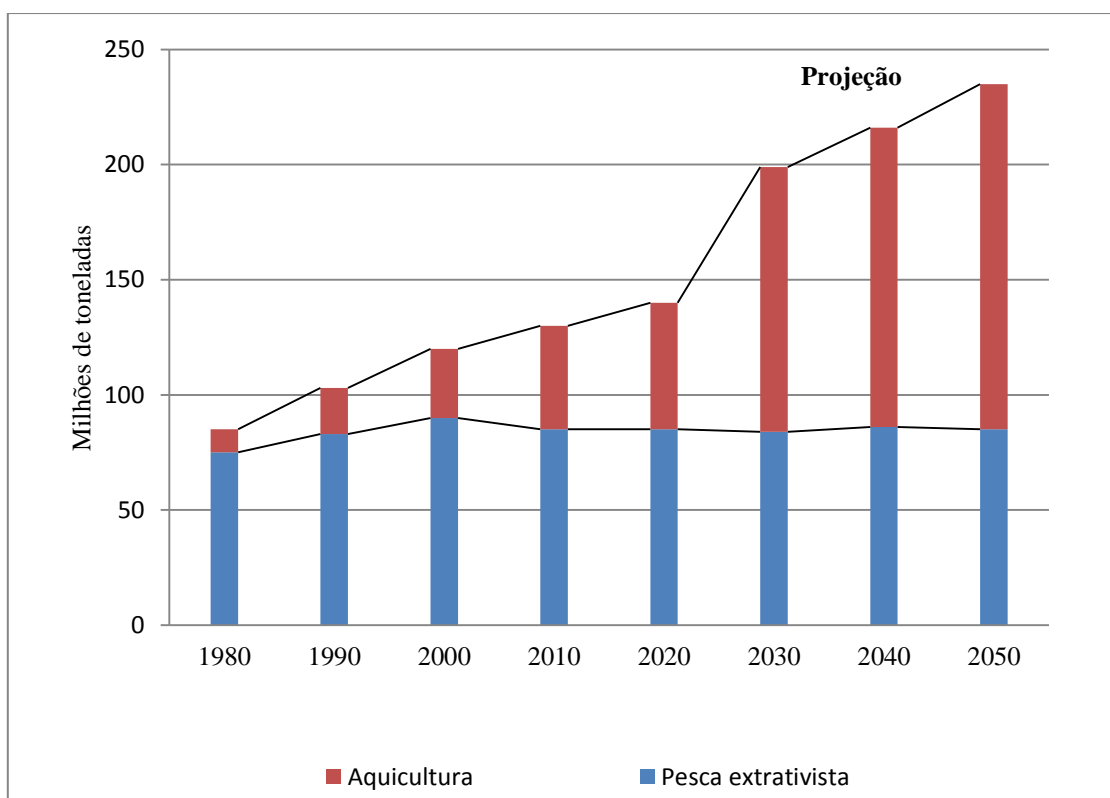
Schulter e Vieira Filho (2017) classificam e subdividem a produção de pescados em pesca extrativista e a aquicultura. A pesca extrativista é a atividade que se baseia na retirada de recursos pesqueiros do ambiente natural; e a aquicultura é o cultivo, normalmente em um espaço confinado e controlado, de organismos aquáticos de interesse econômico produtivo; e se divide em diferentes modalidades: i) carcinicultura (criação de camarões); ii) ranicultura (criação de rãs); iii) malacocultura (criação de moluscos, ostras e mexilhões); iv) algicultura (cultivo de algas); v) quelonicultura (criação de tartarugas e tracajás); vi) a criação de jacarés e vii) piscicultura (criação de peixes).

A aquicultura desponta como a alternativa mais viável para aumentar a oferta de pescado nos próximos anos, visto que a pesca extrativista encontra-se com a produção estabilizada desde a década de 1990 (FAO, 2014a). Portanto, a pesca extrativista é uma atividade baseada no uso dos recursos naturais sem o devido planejamento, enquanto a aquicultura é a atividade controlada com o objetivo de exploração produtiva econômica e financeira (VIANA, 2013). A produção de pescado, que por muitos anos teve sua

origem da pesca extrativista, encontrou na aquicultura a saída para a continuidade do crescimento. As estimativas apontam que a aquicultura, de forma geral, serão os setores produtores de alimentos que mais crescerão no mundo.

Pode-se observar na Figura 1 a estagnação da produção e consumo pela pesca extrativista a partir dos anos 2000 e a evolução projetada da aquicultura ao longo das décadas.

Figura 1 – Produção e consumo mundial de pescado



Fonte: Lemos (2018)

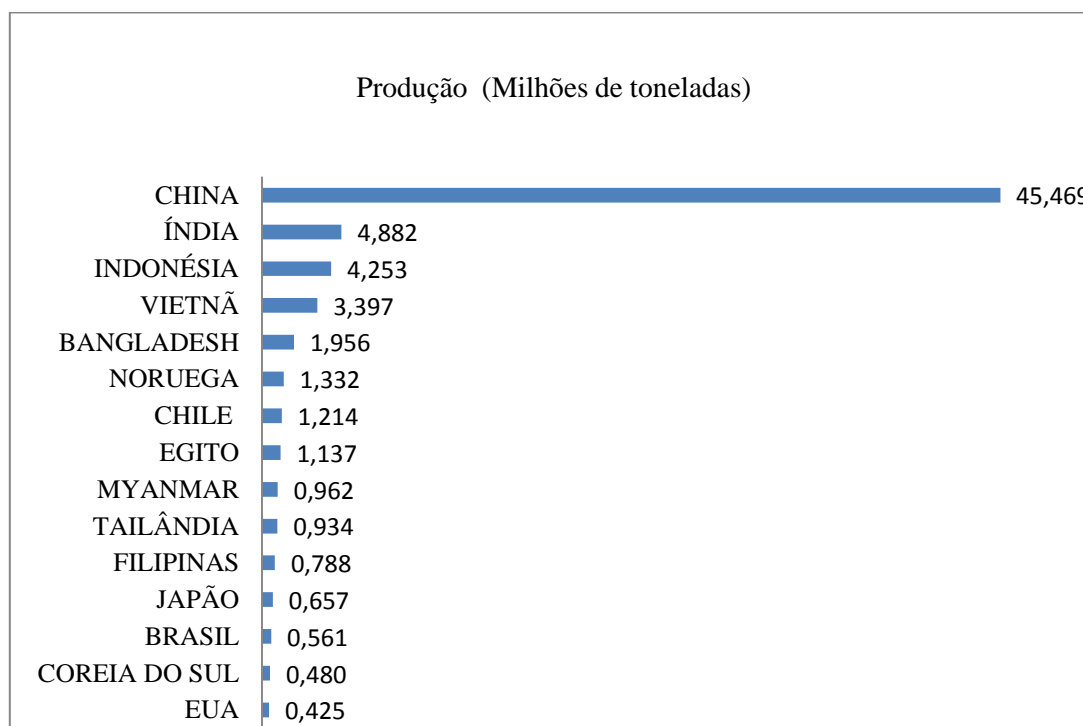
A demanda mundial por pescado sofreu um significativo incremento nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento populacional e da busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis. Entre as modalidades da aquicultura a piscicultura apresenta grande destaque. Segundo relatório do Banco Mundial (2013), aproximadamente 62% dos peixes para o consumo humano serão provenientes da aquicultura até 2030.

A produção mundial de pescado tem crescido a uma taxa média anual de 3,2% nos últimos 50 anos, superando o incremento populacional do mesmo período em 1,6%.

Neste contexto, o consumo *per capita* aparente de pescado passou de 9,9 kg por ano na década de 1960 para 19,2 kg por ano em 2012. Este cenário foi propiciado por diversos fatores, como crescimento demográfico, aumento da renda e da urbanização, surgimento de canais de distribuição mais eficientes e principalmente pela significativa expansão da produção do pescado em cativeiros (FAO, 2014b).

O continente responsável pela maior parcela da produção mundial de pescado no ano de 2012 foi a Ásia, com 103,6 milhões de toneladas, seguida da América, com 25,5 milhões de toneladas. (FAO, 2014a). A América do Sul é uma das regiões mais propícias do mundo para o desenvolvimento da aquicultura em curto prazo, seja do ponto de vista das condições naturais ou dos aspectos socioeconômicos, em especial o Brasil (BRASIL, 2011a; BRASIL, 2013b). O potencial brasileiro é caracterizado pela sua disponibilidade hídrica, clima favorável e ocorrência natural de espécies aquáticas que compatibilizam interesse zootécnico e mercadológico (BRASIL, 2013a). Contudo, a produção nacional ainda apresenta números reduzidos se comparada a dos maiores produtores mundiais, como a China, a Índia, o Vietnã e a Indonésia (FAO, 2014b), conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Maiores produtores mundiais de pescado oriundo da aquicultura (2014)



Fonte: FAO (2014a)

Apesar do potencial brasileiro para a produção aquícola, o consumo *per capita* de pescado nacional é pequeno e apresenta valor inferior à média mundial. O consumo brasileiro de carne de peixe também é reduzido quando comparado ao consumo das carnes de frango, bovina e suína. Para ilustrar o potencial brasileiro pode-se observar a balança comercial de pescado, que foi deficitária em 307,2 mil toneladas; não atendendo a demanda do mercado interno e ocasionando a importação de 349,5 mil toneladas de pescado (BRASIL, 2013a).

Em 2011, a produção brasileira de pescado foi de 1,4 milhão de toneladas, sendo a pesca responsável por 803,2 mil toneladas, o que lhe rendeu a 23ª colocação no *ranking* mundial. A maior parcela da produção ficou concentrada na região Nordeste, seguida das regiões Sul, Norte, Sudeste e Centro-Oeste, respectivamente (BRASIL, 2013a), dados estes que se correlacionam fortemente pesca extrativista realizada no litoral brasileiro e também a Bacia Amazônica.

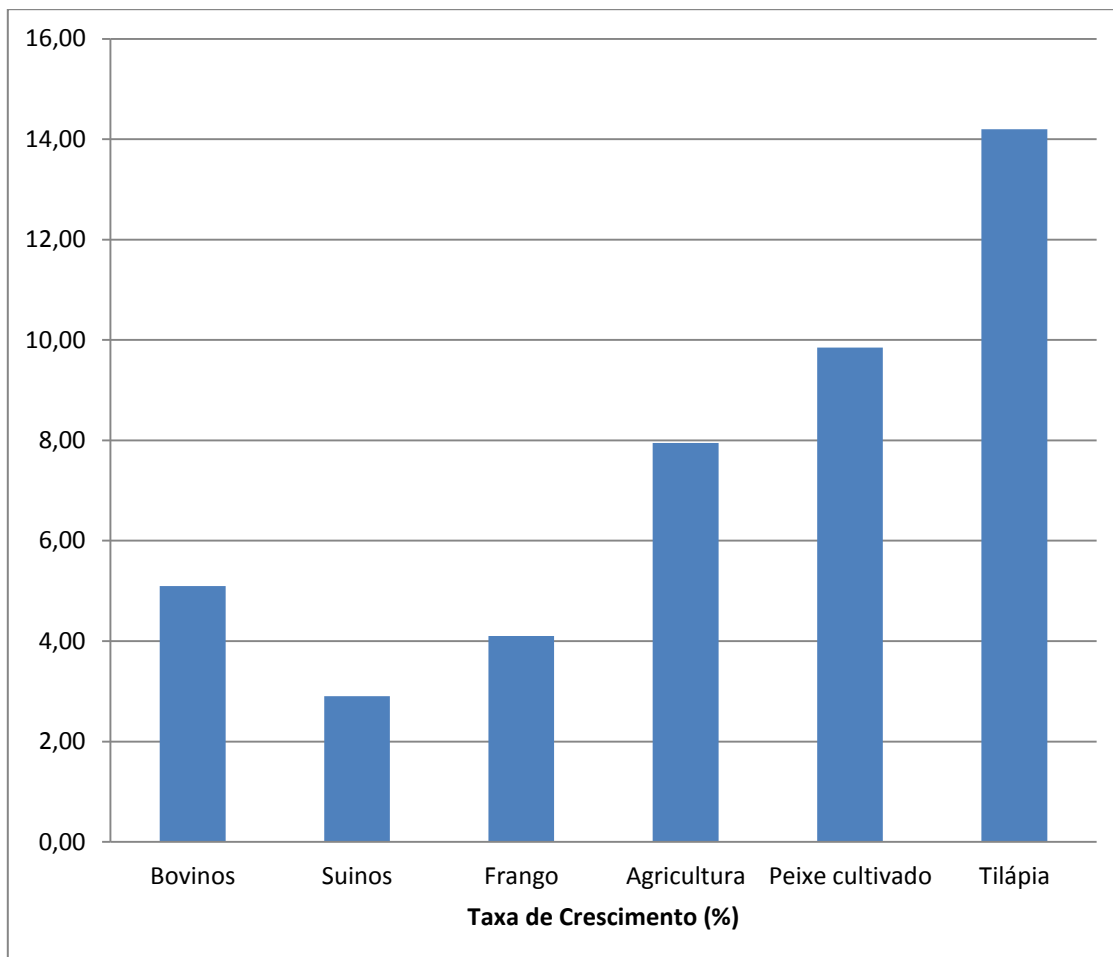
De acordo com a EMBRAPA (2016), as espécies mais comuns produzidas no país, por região, são: i) tambaqui, pirarucu e pirapitinga na região Norte; ii) tilápia e camarão marinho no Nordeste; iii) tambaqui, pacu e pintado no Centro-Oeste; iv) tilápia, pacu e pintado no Sudeste; e v) carpa, tilápia, jundiá, ostra e mexilhão na região Sul.

O último Censo Aquícola que apresentou os dados oficiais das coletas realizadas ocorreu em 2008 e contabilizou 18.075 empreendimentos comerciais de aquicultura em todo o país. Deste total, 82% foram caracterizados como de pequeno porte (<5 hectares de lâmina d'água para viveiros escavados ou <1.000 m³ de volume para tanques-rede ou tanques revestidos), 5% como de médio porte (5 a 50 hectares de lâmina d'água para viveiros escavados ou 1.000 a 5.000 m³ de volume para tanques-rede ou tanques revestidos) e 1% como de grande porte (>50 hectares de lâmina d'água para viveiros escavados ou >5.000 m³ de volume para tanques-rede ou tanques revestidos), de acordo com a classificação adotada pela Resolução Conama nº 413, de 26 de junho de 2009. (BRASIL, 2009). Os demais projetos (12%), não foram avaliados considerando tais características.

Segundo Kubitzka (2015), apesar do Brasil ser um grande produtor de frango, bovinos e suínos, a aquicultura foi o setor de carnes que apresentou maior incremento percentual em produção entre 2004 e 2014, com crescimento anual médio de quase 8%, contra 5,1% para bovinos, 4,1% para o frango e 2,9% para suínos. Kubitzka (2015) ainda destaca a indústria de produção de tilápia no Brasil, com um crescimento da ordem de

mais de 14%, enquanto a produção de peixes cultivados, que inclui as demais espécies, cresceu em torno de 10%, no período de 2004 a 2014, como é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Crescimento médio anual da produção de carnes no Brasil (2004-2014) Em (%)



Fonte: Kubitza (2015)

2.2. Tilapicultura

Originária do Nilo, rio do Egito, a tilápia encontra-se disseminada pelo mundo. Entretanto, sua criação comercial alcançou o auge a partir dos anos 50. Atualmente, são encontradas mais de 20 espécies de tilápias como por exemplo a *Oreochromis aureus* (tilápia azul ou áurea), *Oreochromis mossambicus* (tilápia Moçambique), *Oreochromis urolepis hornorum* (tilápia de Zanzibar); cada uma com características próprias de adaptação e reprodução, o que leva os produtores a estabelecerem preferências de acordo com a região e as condições do ambiente de cultivo. Existe a Tilápia spp., cuja

incubação dos ovos se dá em substratos; e a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), cuja incubação se dá na boca da fêmea. (OLIVEIRA, 2000)

No Brasil a tilápia-do-Nilo é a espécie mais utilizada nos criatórios do país devido à sua excelente desempenho em ganho de peso e crescimento, além de possuir carne de qualidade superior com poucas espinhas, o que facilita o trabalho de filetagem. Além de todas estas características favoráveis, a tilápia-do-Nilo ainda possui boa aceitação por parte dos consumidores (FIGUEIREDO JUNIOR e VALENTE JUNIOR, 2008).

De acordo com Nogueira (2008), são vários os motivos que justificam à preferência dos produtores pela tilápia-do-Nilo, entre os quais destacam-se a fácil adaptação às diversas condições de cultivo nas diferentes regiões do país, a aceitação de uma ampla variedade de alimentos, o fato da espécie ser resistentes a doenças e sua desova ocorrer durante todo o ano. Também o fato da espécie possuir carne saborosa e saudável, com baixo teor de gordura (9%), possuir baixo nível de calorias (172 kcal por 100g de carne), e o rendimento do filé chegar a 37% em peixes com peso médio de 600 gramas.

Todas essas características fazem da tilápia-do-Nilo uma das espécies mais importantes da piscicultura, sendo a mais cultivada e respondendo por cerca de 45% da produção anual continental da aquicultura nacional (SCHULTER e. VIEIRA FILHO, 2017). O destaque da espécie também pode ser atribuído pelo alto povoamento, sua tolerância ao baixo nível de oxigênio e altos níveis de amônia dissolvidos na água, do seu rápido crescimento e da boa conversão alimentar (MEURER et al., 2000). Sobressai-se também por adequar-se a indústria de filetagem, devido à ausência de espinhos musculares em “Y”; por ter ótima aceitação no mercado consumidor pelas características organolépticas de seu filé e por mostrar-se bastante apreciada nos pesque-pagues (MEURER et al., 2003). Trata-se de uma fonte de proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos insaturados e vitaminas, bem como apresenta baixo teor de colesterol, constituindo uma opção de consumo mais saudável do que as outras carnes (GONÇALVES, 2011).

No Brasil, a tilapicultura teve seu início na década de 1970. Embora não seja uma espécie nativa, a tilápia-do-Nilo tornou-se a principal espécie produzida no Brasil, após ser introduzida, juntamente com a tilápia de Zanzibar, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em 1971. Os primeiros espécimes foram introduzidos pelo DNOCS com o intuito de proporcionar a produção de alevinos para o

peixamento dos reservatórios públicos da região Nordeste e para o fomento do cultivo. (SOBER, 2009)

Na década de 1980, principalmente a partir das estações de piscicultura das companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais, foram produzidas grandes quantidades de alevinos para repovoamentos e venda a produtores rurais (KUBITZA, 2003). Ainda nessa década, a tilapicultura passou de uma atividade voltada para o repovoamento e complemento de renda a pequenos produtores para uma atividade explorada comercialmente, com o surgimento dos empreendimentos pioneiros (FIGUEIREDO JUNIOR e VALENTE JUNIOR, 2008). O Paraná foi o primeiro estado brasileiro a organizar a tilapicultura com a implantação de frigoríficos especializados em beneficiamento, com destaque para os municípios de Toledo e Assis Chateaubriand (SOBER, 2009). Apenas na década de 1990, com a difusão da tecnologia de reversão sexual, a produção começou a ser incrementada (KUBITZA, 2003).

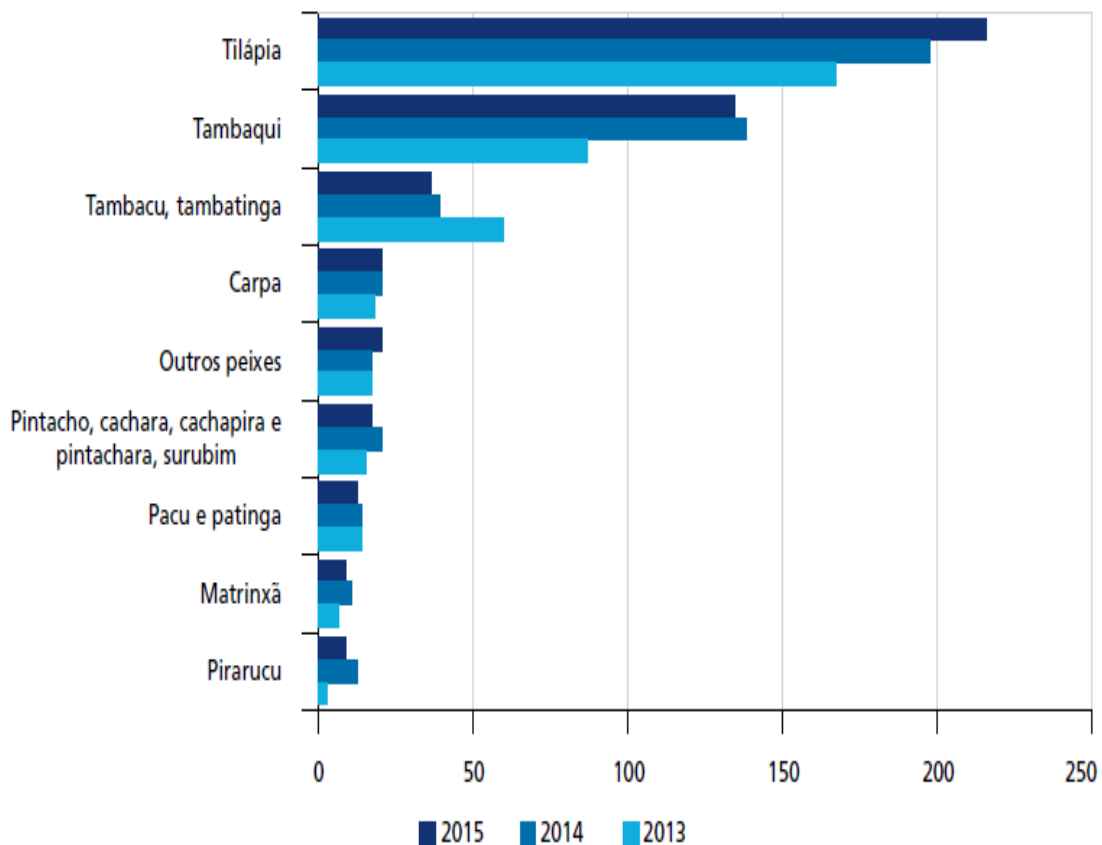
Segundo Roubach et al. (2015), a opção brasileira pelo uso de energia hidroelétrica foi determinante nessa expansão. Uma vez instalados os reservatórios das grandes hidroelétricas e sancionada, em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos, esses espaços possibilitaram os usos múltiplos dos reservatórios, nos quais se incluiu o crescimento da tilapicultura com essa abertura, pois foram nesses reservatórios que se estabeleceram grande parte dos empreendimentos.

A tilapicultura firmou-se como atividade empresarial e os primeiros empreendimentos foram limitados inicialmente por vários tipos de restrições como falta de pesquisas, conhecimento incipiente das técnicas de cultivo, inexistência de rações adequadas e baixa qualidade dos alevinos entre outras (FIGUEIREDO JUNIOR e VALENTE JUNIOR, 2008).

O Brasil é o quarto maior produtor de tilápia do planeta no ranking liderado pela China. Enquanto a produção global de peixes e produtos pesqueiros fechou 2017 com um crescimento de 2,3%, o crescimento da produção de tilápia no Brasil entre 2005 e 2015 foi de 223%. (BRASIL, 2018). É possível observar na Figura 3 as principais espécies produzidas no Brasil no triênio 2013, 2014 e 2015. Pode-se observar o desempenho alcançado por cada espécie e a maior produção das tilápias.

Figura 4 – Principais espécies produzidas pela piscicultura no Brasil (2013-2015)

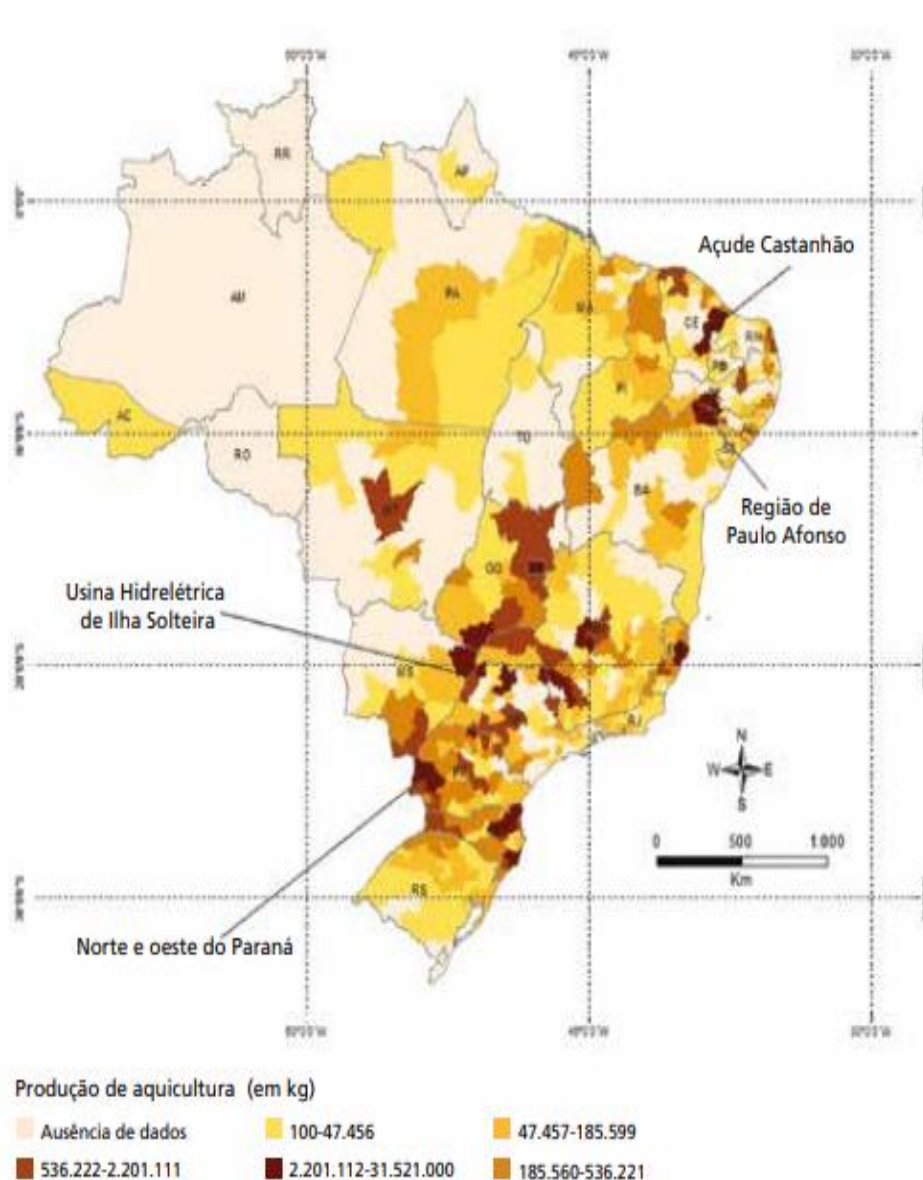
(Em 1 mil toneladas)



Fonte: IBGE (2016)

A Figura 5 apresenta os principais polos produtores de tilápia no Brasil. Os destaques são o norte e oeste do estado do Paraná; a Usina Hidroelétrica de Ilha Solteira, a região de Paulo Afonso, na Bahia e o Açude Castanhão, no Ceará. Os maiores polos da atividade em Minas Gerais ocorrem nos reservatórios de Furnas e Três Marias. Os canais de comercialização mais significativos são a venda direta ao consumidor final, os atacadistas, intermediários e também frigoríficos (BRASIL, 2013a; BRASIL, 2013b).

Figura 5 – Principais polos produtores de tilápia no Brasil (2015)



Fonte: IBGE (2016)

Em Minas Gerais, a piscicultura vem se consolidando como uma importante atividade econômica no agronegócio, passando do 8º para o 6º lugar no ranking nacional dos maiores criadores de peixes de acordo com dados do IBGE (2016). A produção de peixes em Minas Gerais, em 2016 foi de 32,8 mil toneladas. Um crescimento de 48,4% em relação a 2015, quando o estado produziu 22,1 mil toneladas. Ainda segundo dados do IBGE (2016), a produção mineira representa 6,5% do total no país. Destacam-se a produção de tilápia e truta no estado, com crescente mercado e atratividade em renda para o produtor. O estado de Minas Gerais é o quarto maior

produtor de tilápia do país, atrás do Paraná, São Paulo e Santa Catarina. A produção de tilápia no estado corresponde a 95% do total de peixes cultivados (ABP, 2018). Embora o estado de Minas Gerais seja o líder na cadeia produtiva de trutas é a tilápia que representa a maior parcela da produção do estado.

Embora Paraná e São Paulo sejam os estados de maior produção nacional de tilápia, Orós, no Ceará, possui a maior produção municipal, seguido por Morada Novas de Minas, município às margens da Represa de Três Marias, com segunda maior produção de tilápia do País. Os números da despesca em 2016 colocam Morada Nova de Minas no quarto lugar entre os maiores produtores de peixe do Brasil (EMATER, 2017). A região é favorecida pela qualidade da água, clima e equipe de técnicos da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais – EMATER-MG, presentes na região. A alcunha de polo piscicultor em Morada Nova de Minas é recente, cerca de pouco mais de 20 anos, assim como seus efeitos positivos em termos de trabalho e renda (IBGE, 2018).

A Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias é um grande polo de produção intensiva de tilápia em Minas Gerais, possui um espelho d'água de aproximadamente 927,1 Km² e uma orla de 2.233 Km². A extensão total da Bacia é de 18.710 Km², com um perímetro de 791,7 Km, formada pelos municípios de Abaeté, Arapuá, Biquinhas, Carmo do Paranaíba, Cedro do Abaeté, Córrego Danta, Estrela do Indaiá, Felixlândia, Lagoa Formosa, Matutina, Morada Nova de Minas, Paineiras, Patos de Minas, Pompéu, Quartel Geral, Rio Paranaíba, Serra da Saudade, Santa Rosa da Serra, São Gotardo, São Gonçalo do Abaeté, Tiros, Três Marias, Varjão de Minas (IBGE, 2016). A atividade econômica gera em torno de 424 empregos diretos e 1.696 indiretos que beneficiam pequenos produtores rurais dos municípios de Felixlândia, Abaeté, Paineiras, Três Marias, Pompeu, Morada Nova de Minas, São Gonçalo do Abaeté e Biquinhas, todos localizados no entorno da Represa de Três Marias (CODEVASF, 2014).

A produção de tilápia transformou algumas regiões do país em polos produtivos com crescente desenvolvimento, não ficando apenas restrita à produção pela engorda, já que nessas regiões, empresas ligadas à produção de alevinos e à ração animal, têm se instalado a fim de fornecer insumos para a cadeia produtiva (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). A cadeia produtiva tem elos bem definidos, sendo descritos pelo setor de insumos, sistemas produtivos, agroindústria, comercialização e mercado consumidor, conforme Figura 6.

Figura 6 – Modelo simplificado da cadeia produtiva da tilápia



Fonte: Schulter e Vieira Filho, 2017

Quando se compara o que hoje acontece em Morada Nova de Minas, ao modelo simplificado da cadeia produtiva de tilápia, nota-se que o município não está totalmente de acordo com tal modelo. As etapas de fornecimentos de insumos (ração, alevinos e equipamentos) e sistema de produção (tanques-rede) ocorrem sistematicamente, porém a terceira etapa da cadeia (Industrialização / processamento), não é realizada por grande parte dos produtores.

Em Morada Nova de Minas, pode-se considerar que a terceira etapa seria o beneficiamento, onde os produtores realizam artesanalmente a evisceração, a retirada da pele e escamas, para então produzir o filé, ou mesmo levar o peixe limpo à comercialização. Esta etapa é hoje problema real observado na atividade já que é elevada a geração de resíduos provenientes do beneficiamento do pescado e estes não vem recebendo a adequada destinação ocasionando problemas ambientais. Pesquisas apontam que cerca de 63% do peso da tilápia com cerca de 600g são descartados como resíduos (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017).

Os principais problemas encontrados em Morada Nova de Minas são o excesso de resíduos destinados à rede de coleta de esgoto doméstico; o excessivo número de fossas escavadas no município; o incorreto descarte de vísceras, muitas vezes utilizadas na alimentação de animais domésticos; a contaminação das águas da represa; a contaminação do solo e o mau cheiro gerado pela decomposição dos restos.

Os resíduos de pescados, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS) devem ser preferencialmente reciclados. A sua alta concentração de matéria orgânica pode prejudicar a sanidade do solo e as fontes de água daquela região,

além de causar riscos à saúde pública, quando dispostos nos recursos hídricos (BRASIL – PNRS, 2010).

2.3. Desenvolvimento Sustentável

Ao longo das décadas observou-se a exagerada extração de peixes nos diversos recursos hídricos comprometendo a produtividade e tornado necessário a produção em cativeiro já que o recurso natural começou a tornar-se escasso. Esse movimento fortaleceu a piscicultura, devido as suas características de produção, porém, trouxe consigo outras questões ambientais que necessitam ser repensadas. Na piscicultura de cativeiro, a produtividade é abundante, mas o impacto, a degradação e poluição dos recursos abióticos é muito maior quando comparada a pesca extrativista.

Figueiredo (2011) menciona o artigo 225 da Constituição Federal que assinala que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, pois é de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. O desequilíbrio causado pela falta de consciência ambiental é um problema do presente, mas sua origem remonta à Idade Antiga. A incorreta interpretação do homem sobre a suposta superioridade de nossa espécie, conforme mencionado por E-cycle (2018), deve ser discutida para que seja possível pensarmos novos caminhos para nossa economia, sociedade e cultura, de modo a garantir a continuidade da existência de nossa espécie no planeta.

De acordo com Fogaça (2018), ao longo da maior parte da história, o homem viu-se como um dominador da natureza e acreditava que ela estava disponível somente para o seu bem-estar, para servir ao desenvolvimento econômico. Essa forma de pensar produziu uma sociedade de consumo, que é exatamente o oposto do desenvolvimento sustentável, pois as indústrias e fábricas buscaram extrair o máximo de recursos do planeta para acumular riquezas e satisfazer o consumismo exagerado da população.

Diante dessa preocupação surgiu, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo na Suécia em 1972, o conceito de sustentabilidade hoje vigente. A sustentabilidade envolve questões sociais, econômicas e ecológicas. O termo desenvolvimento sustentável foi usado pela primeira vez em 1987, por Gro Harlem Brundtland, ex-primeira-ministra da Noruega, que atuou como presidente de uma comissão da Organização das Nações Unidas e publicou o livro

“*Our Common Future*” onde escreveu: “desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades” (FOGAÇA, 2018).

Mikhailova (2004) menciona que o desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos. A ideia da sustentabilidade está baseada na tríade do ecologicamente correto, socialmente justo, economicamente viável (E-CYCLE, 2018) e se relaciona com desenvolvimento econômico e material usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.

A tilapicultura em Morada Nova de Minas apresenta uma alternativa de renda interessante aos produtores da região, gerando empregos diretos e indiretos, movimentando a economia da região, sendo portanto, economicamente viável. Desta forma confere a ideia de ser sociedade justa, pois os tilapicultores podem adquirir bens de consumo necessários e variados e viver com dignidade. No que diz respeito a ser ecologicamente correta, faz-se necessário repensar a tilapicultura para que se tenha um sistema de produção realmente sustentável.

O uso agrônômico racional de resíduos é uma opção interessante na geração de renda e redução de impactos ambientais, porém implica em ampliação dos conhecimentos sobre os resíduos e suas formas de utilização. Deve-se reconhecer para o desenvolvimento sustentável de uma atividade que impactos negativos são passíveis mesmo naquelas que geram renda e crescimento econômico, como a tilapicultura e somente assim caminharemos para o desenvolvimento de novas tecnologias. Ostrensky, Borghetti e Soto (2007) mencionam que, praticamente todas as atividades humanas resultam em algum tipo de alteração ou impacto ambiental e que identificar esses impactos, conhecer sua real dimensão, bem como propor formas e métodos para minimizá-los é o único caminho para que a atividade possa ser adequadamente estruturada, criando condições para que desenvolva satisfatoriamente as potencialidades naturais do país.

A Lei Orgânica de Morada Nova de Minas menciona que o município apoiará e estimulará a preservação e utilização racional dos recursos tendo como unidade de referência as microbacias hidrográficas e estimulará a expansão das atividades agroindustriais. É mencionado também que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade

de vida ao impondo-se ao poder público municipal e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A Lei Orgânica Municipal ainda pretende promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. É relevante ainda mencionar que segundo o documento as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independente da obrigação de reparar os danos causados.

Do interesse em incorporar noções de sustentabilidade aos sistemas ambientais e econômicos, surgiu o conceito de Ecologia Industrial (WELLS e ZAPATA, 2012). Trata-se de uma concepção criada para redefinir a visão tradicional da economia, que extrai matérias-primas do meio ambiente e devolve, em forma de poluição e resíduos. A atividade industrial baseada na concepção de Ecologia Industrial pode diminuir sensivelmente os impactos associados à poluição e ao descarte de resíduos, enquanto também racionaliza o consumo de recursos estratégicos. (EHRENFELD e GERTLER, 1997), apresentando a transição da lógica de produção linear para a de ciclo fechado. De acordo com Wells e Zapata (2012) a ecologia industrial, apresenta três tópicos desafiadores: i) desenhar sistemas inovadores utilizando biomassa existente de modo mais eficiente; ii) engajar-se no planejamento desses sistemas; e iii) transicionar para a ecoindustrialização renovável a fim de atingir uma forma mais sustentável.

Desta forma, pode-se pensar que os vários processos, produtos e organismos estão interconectados por fluxos materiais que, coletivamente, resultam em redução de emissão de resíduos e na maior eficiência no consumo dos recursos, garantindo assim, que o resíduo de um processo possa se tornar a matéria-prima de outro e que o consumo energético e de materiais seja otimizado, respeitando a capacidade de suporte da natureza (VEIGA, 2007).

Veiga (2007) ainda apresenta a i) redução do consumo de recursos naturais (matéria-prima, energia, água); ii) a redução da poluição (ar, água, solo); iii) o aumento da eficiência energética (redução do consumo de energia); iv) a redução do volume de resíduos (contaminação do solo, rios, aquíferos e população); e v) a precificação dos resíduos, que passam a ter uso e valor de mercado; como os principais benefícios ao meio ambiente associados à esta concepção.

Ao pensar desta forma, a tilapicultura em Morada Nova de Minas assume uma nova característica. Passaria, portanto, de um modelo de produção linear para um modelo de produção cíclico, que enxergaria os resíduos gerados pelo atual modelo não

mais como externalidades negativas mas como novas matérias-primas que possibilitariam a geração de novos produtos agregando valor a cadeia produtiva da tilápia. Os resíduos, que atualmente são um problema na tilapicultura tornar-se-iam através de alternativas viáveis, atrativas e economicamente interessantes uma forma de geração de renda, agregando tecnologia simplificada e reduzindo os impactos ambientais gerados; garantindo uma atividade mais sustentável que a apresentada atualmente.

A criação de valor de mercado decorrente do aproveitamento da biomassa residual de processos agroindustriais tem despertado o interesse dos setores produtivo, acadêmico e governamental, consolidando-se através da progressiva redução da dependência por fontes fósseis. A biomassa ao longo dos anos vem se tornando um dos principais recursos renováveis para a produção de alimentos, produtos químicos, combustíveis e energia, e estima-se que em 2050 a provisão mundial de biomassa seca ultrapasse 25 milhões de toneladas ano. (HOOGWIJK, FAAIJK et al., 2003).

A biomassa, em seu sentido restrito, corresponde à massa total dos seres vivos que subsistem em equilíbrio numa dada superfície de solo ou num dado volume de água oceânica (DICIO, 2018). No biorrefino, a biomassa corresponde à matéria orgânica renovável advinda dos diversos setores da sociedade e constitui-se na própria matéria-prima do processo. O biorrefino é concebido como um processo de transformação da biomassa em produtos e é realizado em unidades chamadas de biorrefinarias (CHERUBINI, 2010).

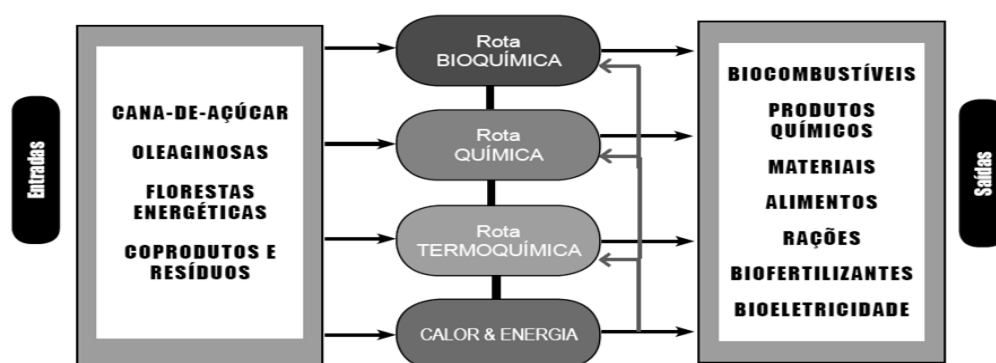
O conceito de biorrefinaria originou-se no final da década de 1990 como resultado da ameaça de escassez de combustíveis fósseis e do aumento da utilização da biomassa como matéria-prima renovável para a produção de produtos não alimentícios, tais como plásticos, e principalmente, biocombustíveis (MAITY, 2014). A biorrefinaria pode ser ainda definida como um complexo integrado de processos e equipamentos capaz de produzir diferentes produtos (combustíveis de transporte, químicos e energia) com base em diferentes biomassas. (HORTA NOGUEIRA, 2008) e (CHERUBINI, 2010). Na ideia da biorrefinaria o foco está no aproveitamento e otimização do uso da biomassa e na busca da utilização de sistemas integrados sustentáveis, de acordo com parâmetros técnicos que levam em conta os balanços de massa e de energia; o ciclo de vida; o desenvolvimento socioeconômico regional; a geração, consumo dos produtos e serviços de forma distribuída e a mitigação da emissão de gases do efeito estufa; entre outros aspectos.

Como consequência, não existe uma classificação única para as biorrefinarias. Grande parte das classificações existentes baseia-se no tipo de matéria-prima; tipo de tecnologia; estado da tecnologia da plataforma; principal produto e intermediário produzido (CHERUBINI et al., 2009). Quanto ao tipo de matéria-prima, cita-se como exemplos a biorrefinaria verde, a biorrefinaria integral de colheitas, a biorrefinaria lignocelulósica e biorrefinaria marinha; os exemplos dos tipos de tecnologias são a bioquímica e biorrefinaria termoquímica; quanto ao estado da tecnologia da plataforma cita-se a biorrefinaria convencional, biorrefinaria avançada, biorrefinaria de 1º e 2º geração; como principal produto menciona-se o etanol e o biodiesel; e sobre o intermediário produzido menciona-se o gás de síntese, açúcar e lignina. (CHERUBINI et al., 2009).

O conceito de biorrefinaria é dinâmico e ainda está em desenvolvimento e, portanto, não há modelos e padrões consagrados. Todavia apresenta-se as usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade a partir da cana-de-açúcar e as fábricas de óleo, rações, biodiesel e diversos outros derivados a partir da soja como exemplos de biorrefinarias que já funcionam na prática. No setor de piscicultura, o conceito de biorrefinaria ainda não é consolidado e sequer vem sido discutido.

A figura 7 apresenta um conceito simples e esquemático de biorrefinaria no cenário brasileiro.

Figura 7 – Conceito de biorrefinaria no cenário brasileiro



Fonte: EMBRAPA (2017)

Segundo a EMBRAPA (2017) o objetivo de uma biorrefinaria é otimizar o uso de recursos e minimizar os efluentes, maximizando os benefícios e o lucro. As biorrefinarias integram diversas rotas de conversão – bioquímicas, microbianas, químicas e termoquímicas – em busca do melhor aproveitamento da biomassa e da

energia nela contida. Para o caso brasileiro, as biorrefinarias seriam uma maneira atraente de não apenas promover maior segurança energética, mas também alavancar o setor industrial (BASTOS, 2012). As biorrefinarias promoveriam a diversificação de produtos, impactando de forma positiva as diversas cadeias produtivas envolvidas e repercutindo em benefícios para a sociedade, como geração de empregos e renda, na conquista de mercados externos, na diminuição de importações, dentre outros (EMBRAPA, 2017).

Para Peck et al. (2009), as biorrefinarias são capazes de utilizar de forma eficiente os recursos de biomassa e reduzir questões relacionadas à disputa do seu uso na geração de biocombustíveis e bioprodutos com o uso da biomassa para outros fins relevantes, tais como a produção de alimentos. Seria uma estratégia interessantíssima para a cadeia produtiva de tilápias em Morada Nova de Minas, através do uso dos resíduos gerados.

A natureza das matérias-primas em suas diversas formas sustenta o discurso contemporâneo acerca da biorrefinaria e das matérias-primas renováveis (BENNETT e PEARSON, 2009). Sendo assim, a provisão de uma matéria-prima renovável, cujo a disponibilidade e o suprimento seja consistente e regular, é uma etapa importante no biorrefino (CHERUBINI, 2010). Na piscicultura, em crescimento, a disponibilidade de resíduos, entendidos na biorrefinaria como matéria-prima é abundante e potencialmente crescente.

Os sistemas de valorização energética por meio do uso de resíduos como combustível é uma das principais tecnologias utilizadas em países desenvolvidos para redução dos impactos adversos causados pela destinação inadequada ou mesmo em aterros (HERA, 2012).

Nesta conjuntura, as usinas de geração de energia a partir de resíduos sólidos (*Waste To Energy* - WTE) surgem como alternativa de investimento que poderia trazer benefícios tanto para a gestão dos resíduos quanto para o setor elétrico brasileiro (OLIVEIRA e ROSA, 2003). As tecnologias térmicas de geração de energia através de resíduos sólidos usam métodos térmicos que recuperam a energia armazenada nos resíduos, ajudam na redução das emissões de gases de efeito estufa, diminuem o volume dos resíduos e, conseqüentemente, reduzem a utilização de espaço para disposição final (RENTIZELAS ET AL., 2014).

Estima-se que somente na Europa as usinas WTE tratem cerca de 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, gerando aproximadamente 32.000 GWh de

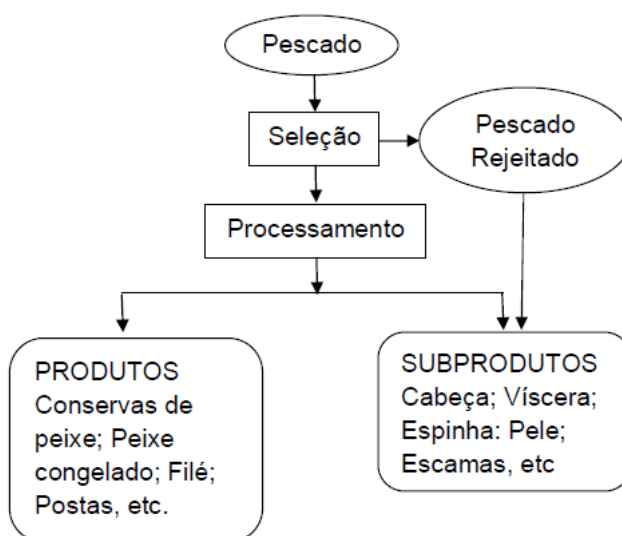
energia elétrica e evitando, em média, a emissão de 30 milhões de toneladas de CO₂ (CEWEP, 2013).

2.4. Resíduos da cadeia produtiva pesqueira

O termo resíduo refere-se às sobras e aos subprodutos dos processamentos agroindustriais que são de valor relativamente baixo (ARRUDA, 2004). Caracteriza-se por resíduos de piscicultura: a cabeça, nadadeiras, pele, escamas e vísceras do peixe que, dependendo da espécie, pode chegar a 70% em relação ao peso total (BONOMETO, 2009). A falta de direcionamento desses resíduos acarreta no desperdício da matéria-prima de grande potencial tecnológico, impedindo a viabilidade destes resíduos para fins alternativos de produção. Em frigoríficos processadores de filé de tilápia são desperdiçados 62,5% a 66,5% da matéria prima, como resíduos (BOSCOLO et al., 2010). De acordo com Vidotti e Boroni (2006), a cabeça, carcaça e as vísceras constituem 54% dos resíduos de tilápia e este resíduo poderia ser aproveitado como matéria-prima para produção de novos produtos.

Na figura 8 está representada esquematicamente as etapas da cadeia produtiva da tilápia, o autor inclui a geração de subprodutos a partir do pescado rejeitado ou da fase de processamento como uma etapa-chave, entendendo que trata-se de uma etapa tão importante no processo como a geração dos produtos, conceito que está alinhado a biorrefinaria e a ecologia industrial.

Figura 8 – Cadeia Produtiva de Tilápia



Fonte: Adaptado de Batista (2011)

A obtenção de subprodutos, como uma alternativa de valorização da cadeia, aumentaria a renda dos produtores, porém, para o beneficiamento da tilápia exige-se uma demanda tecnológica considerável e recursos financeiros. Enxergar a tilapicultura de forma sustentável passa por entender que as vísceras, carcaças, pele e gordura, que são descartados no início do processo poderiam ser utilizados como matéria-prima para a produção de diversos produtos como por exemplo concentrados proteicos, farinha de peixe, óleo, ácidos polinsaturados, colágeno e até mesmo artefatos como bolsas e sapatos de pele de peixe (PALENZUELA-ROLLON, 1999).

Existem diferentes formas de reaproveitamento de resíduos provenientes do processamento de industrialização do pescado. Arruda et al (2005) classificam o emprego destes resíduos em quatro categorias: alimentos para o consumo humano, ração para animais, fertilizantes e produtos químicos.

Portanto, as Ciências Agrárias têm um papel de grande responsabilidade no mundo moderno, onde a necessidade por produtos é cada vez mais elevada e por muitas vezes as questões ambientais tem sido colocadas de lado em nome da maior produtividade. É importante que os profissionais entendam que se não repensarem a maneira de produção, os recursos serão esgotados.

2.5. Alternativas de utilização dos resíduos da tilapicultura

A utilização dos resíduos de piscicultura foi inicialmente observada na produção de farinha de pescado. Trata-se do produto sólido produzido através de cocção dos resíduos de pescado, e filtração do líquido após a prensagem dos resíduos e separação dos sólidos, da água e do óleo (MORAIS et al., 2001), portanto, um processo simples e de baixo custo financeiro. De acordo com Olsen e Hasan (2012) a farinha de peixe foi utilizada em meados de 1988 como um importante ingrediente em rações para suínos e aves, devido a sua alta qualidade nutricional e preço baixo. A partir de 2010, a quantidade de farinha de peixe utilizada na alimentação de organismos aquáticos aumentou para 56% e nas rações de suínos e diminuiu para 32% nas rações de aves.

A farinha de peixe tem sido produzida atualmente, entretanto por este resíduo do processamento apresentar grandes proporções de ossos, escamas e nadadeiras, a qualidade da farinha pode oscilar. Em geral apresentam mais minerais, elevado teor de glicina e prolina, e ainda menores teores de proteína. De acordo com estimativas

recentes, 35% da produção de farinha de peixe mundial foi obtida a partir de resíduos de peixes (FAO, 2014b), salientando que ao se produzir farinha a partir dos resíduos de peixe e não do peixe, deixa-se de utilizar um produto alimentício e passa-se a utilizar seu subproduto, gerado na cadeia produtiva.

A farinha de peixe é um importante processo na redução dos impactos gerados pelas pisciculturas e embora esteja distante de ser a solução, já auxiliaria significativamente na cadeia de tilápia de Morada Nova de Minas. De acordo com Arruda (2004), inúmeros estudos abordam a minimização, recuperação, aproveitamento e bioconversão de resíduos para a sustentabilidade das cadeias agroindustriais, em concordância com as ideias e conceitos de sustentabilidade, ecologia industrial e biorrefinaria. Diversos sistemas de tratamento para os resíduos do processamento do pescado têm sido implementados em todo o mundo e entre os mais utilizados estão a lagoa aerada, lodo ativado, reator biológico de leito rotatório, tratamento físico-químico e a compostagem (CHOWDHURY, 2010).

A silagem de peixe é uma das formas de aproveitamento dos resíduos da cadeia produtiva. A tecnologia de obtenção da silagem de peixe é simples e não implica a utilização de maquinários específicos, pois necessita apenas de triturador, agitador e recipientes de plástico (silo) e não exige mão-de-obra especializada. Destaca-se ainda o fato de não exalar odores degradáveis, que poluem o ambiente (VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, 2006).

A silagem ácida de peixe é um produto obtido dos resíduos misturados e moído em meio ácido. As enzimas presentes na matéria-prima separam a proteína e a liquefazem, enquanto o ácido previne a ação dos microrganismos. O produto final é fonte de proteína de alta qualidade e minerais para a alimentação animal (HAARD et al., 1985). Com a elaboração da silagem de resíduos de peixes podem-se obter vantagens econômicas, além de sanar o problema de descarte de resíduos. (OLIVEIRA et al. 2006).

Uma alternativa interessante que desponta no contexto de cadeia de produção de pescado é o aproveitamento dos resíduos do processamento para a geração de energias alternativas. Segundo Dias (2009), as vísceras de peixe constituem-se em uma excelente fonte de óleo, com um teor de 45% em peso. O óleo de peixe pode ser extraído de peixes inteiros, vísceras, peles ou pelo processo de produção de farinha de peixe. De acordo com Prentice-Hernández (2011), o óleo é composto por 90% de lipídios neutros

(triacilgliceróis, ácidos graxos livres) e lipídios polares (fosfolipídios, esfingolipídios e lipídios oxidados).

Um processo de transformação, através de metodologia específica deve ser aplicado ao óleo no sentido de produzir biocombustível. Dessa maneira, pode-se ofertar um importante recurso para a produção de energia aos produtores de tilápia de Morada Nova de Minas, em acordo com a ideia da disseminação da produção de biocombustíveis.

O aumento no consumo de energia, representado principalmente pelo petróleo, é uma realidade, no entanto essa matriz energética é fonte esgotável e altamente poluente (STORCK BIODIESEL, 2008). A utilização de biocombustíveis vem se mostrando como potencial fonte energética complementar ou substitutiva, entre as quais o biodiesel vem ganhando destaque. O biodiesel pode ser definido como produto obtido através da transformação química de ácidos graxos de cadeia longa, oriundo de lipídios orgânicos renováveis, óleo ou gordura vegetal ou animal por adição de álcool (metanol ou etanol) na presença de catalisador (NaOH ou KOH), para utilização em motores diesel (UNIVERSIDADE DE AÇORES, 2008).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de biodiesel, com uma produção mensal de 347.769 m³ e capacidade autorizada de 643.515 m³. Desde novembro de 2014 o óleo diesel comercializado em todo o território nacional contém 7% de biodiesel (ANP, 2015). O biocombustível além de ser fonte renovável de energia, é considerado ecológico, biodegradável, atóxico, livre de enxofre e compostos aromáticos (ABDALLA et al., 2008).

Essas características possibilitam a redução substancial das emissões de hidrocarbonetos e monóxidos de carbono, minimizando o impacto ambiental (STORCK BIODIESEL, 2008). Contudo, para que a produção de biodiesel seja biológica e economicamente viável, é necessário dar destino adequado aos coprodutos gerados durante a sua obtenção, em consonância com as ideias da biorrefinaria, onde um coproduto torna-se matéria-prima para outro processo, aproveitando-se ao máximo os não mais resíduos, mas recursos ou matérias-primas da cadeia.

Com a crescente produção de biodiesel vem aumentando a oferta de outro coproduto no mercado brasileiro, obtido por reação de transesterificação catalítica dos triacilgliceróis de diferentes oleaginosas, na presença de metanol ou etanol, durante a produção do biodiesel (EXPEDITO, 2003), trata-se do glicerol ou glicerina.

O glicerol é um componente estrutural importante dos triacilgliceróis e fosfolípidios. É o precursor para o gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário na via da lipogênese e gliconeogênese, e fornece energia através da via glicolítica e do ciclo do ácido cítrico. O glicerol foi isolado pela primeira vez pelo químico sueco Carl Wilhelm Scheele, em 1779, durante o processo de saponificação do azeite de oliva. No entanto, já em 1858, Pauster observou sua formação como subproduto da fermentação alcoólica, em concentrações de 2,5–3,6% do conteúdo de etanol, podendo ser o glicerol o segundo maior produto formado durante a fermentação alcoólica (TOSETTO; ANDRIETTA, 2003).

O glicerol é um produto que possui caráter energético e pode ser acrescentado em dietas de algumas espécies já que pode ser convertido à glicose pelo fígado (KREBS et al., 1966) e rins (KREBS e LUND, 1996) e fornece energia para o metabolismo celular. O glicerol é uma pequena molécula rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal dos animais (LIN, 1977), podendo ser convertido em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado para a produção de energia, via glicólise e ciclo de Krebs (ROBERGS e GRIFFIN, 1998). É utilizado como importante substrato gliconeogênico, principalmente no fígado e nos rins, com sua entrada ocorrendo na forma de gliceraldeído-3-fosfato, ao passo que seu ingresso na via glicolítica se realiza na forma de diidroxiacetona fosfato (HAGOPIAN et al., 2008).

É importante esclarecer a diferença entre os termos glicerol e glicerina. O termo glicerol aplica-se, geralmente, ao composto puro, ou seja, ao 1,2,3- propanotriol, enquanto o termo glicerina aplica-se aos produtos comerciais que contenham 95%, ou mais, de glicerol na sua composição (FELIZARDO et al., 2006), motivo pelo qual ambos os termos são utilizados para se referir ao mesmo produto.

Glicerina é o nome comercial de um líquido viscoso, incolor, inodoro, higroscópico e com sabor adocicado (ARRUDA et al., 2007), tem seu uso reconhecido e é considerada um alimento seguro, porém, deve ser dada devida atenção aos contaminantes presentes na forma bruta, principalmente nos níveis de metanol, que segundo a *Food and Droug Administration* (FDA, 2014) não deve ultrapassar 150 mg/kg. Em 2011, no Brasil, a produção de glicerina foi de aproximadamente 260 mil toneladas, volume quase oito vezes superior à demanda, estimada em cerca de 40 mil toneladas. (SILVA, 2010).

Farinha de pescado, silagem de peixe, matriz energética e glicerina são alternativas viáveis e por vezes pesquisadas na comunidade científica sob diferentes

abordagens e em algumas delas no que diz respeito a alternativas de utilização já que podem ser produzidos a partir do resíduo da produção. Uma outra possível alternativa para destinação dos resíduos viscerais da tilapicultura seria sua utilização como matéria-prima para as poliuretanas (PU's). Diversos materiais tem sido estudados para aplicação no campo de materiais poliméricos, dentre eles podemos citar as PU's, que são uma classe de polímeros obtidos a partir da reação entre um isocianato e um polioliol. Estes materiais apresentam grande versatilidade de propriedades e aplicações, devido à dependência do tipo de polioliol e do isocianato, das proporções estequiométricas, dos aditivos e do procedimento de preparação (MOSIEWICKI *et al.*, 2013). As poliuretanas podem ser utilizadas na indústria automotiva, calçadista, construção civil, entre outros. (PAUZI *et al.*, 2014).

Os polióis utilizados para a síntese das poliuretanas são tradicionalmente obtidos de derivados petroquímicos. Porém, uma nova classe de polióis obtidos a partir da modificação química de óleos vegetais tem sido estudada como substituinte aos derivados petroquímicos (MOSIEWICKI *et al.*, 2013). Nesse sentido será relevante observar o comportamento de um óleo animal como substituinte. Os métodos mais estudados para a síntese de polióis à base de óleo são a hidroxilação das ligações duplas carbono-carbono (presentes nos segmentos de ácidos graxos dos óleos), a alcoólise para se obter mono e diglicéridos (MOSIEWICKI *et al.*, 2013) e a reação de epoxidação, seguida da abertura do anel epóxi de óleos vegetais (CHEN *et al.*, 2014).

Diante de todo o exposto o presente trabalho torna-se relevante ao apresentar o setor de piscicultura, especialmente a tilapicultura com grande potencial de crescimento. Entretanto, um dos maiores produtores nacional de tilápia-do-Nilo, o município de Morada Nova de Minas não realiza a correta destinação dos resíduos do beneficiamento da produção, gerando resíduos que podem ser entendidos como subprodutos para a geração de novos produtos.

É um grande desafio do setor, que ainda é realiza a produção de forma familiar e artesanal e com pouco conhecimento técnico-científico, fazendo com que os resultados atingidos por este trabalho, através da utilização dos resíduos que atualmente são um problema no município, possa se tornar uma alternativa de renda para os produtores da região através da produção de novos produtos a partir desta matéria-prima.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Extração do óleo proveniente das vísceras do beneficiamento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), caracterizando qualitativamente e quantitativamente e avaliar a sua viabilidade para a produção de novos produtos, como forma de agregar valor à cadeia produtiva e minimizar os impactos ambientais do setor da piscicultura em Morada Nova de Minas, na região de Três Marias, estado de Minas Gerais.

3.2. Objetivos específicos

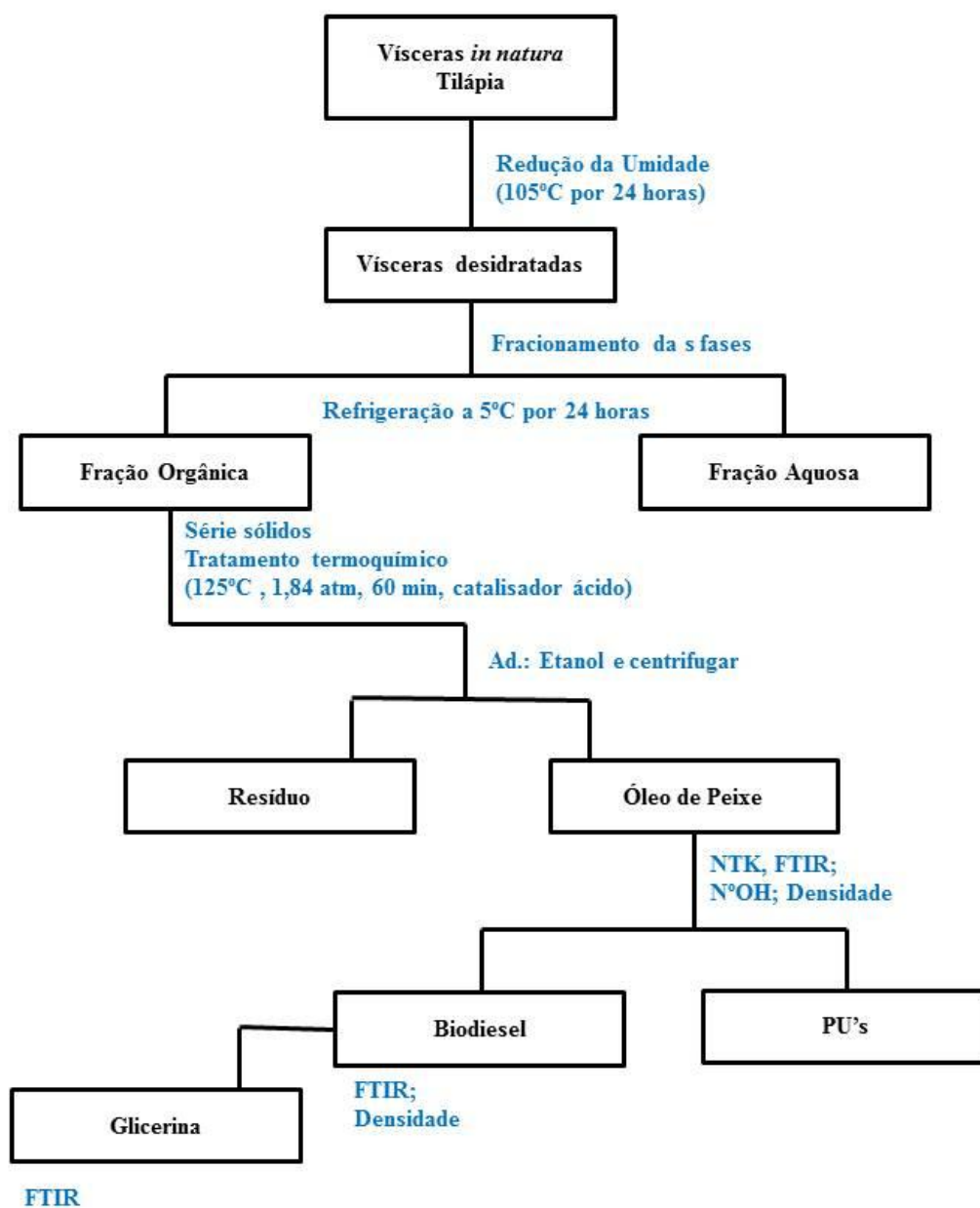
Para alcançar o objetivo geral desse trabalho foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- i) investigar as vísceras (subproduto) da tilápia-do-Nilo, de forma a conhecer sua composição e suas características físico-químicas;
- ii) caracterizar as vísceras de peixes em escala comercial de forma a estabelecer o processo mais viável para obtenção do óleo visceral;
- iii) analisar a eficiência, o rendimento e o método para extração do óleo de tilápia;
- iv) identificar os possíveis subprodutos com potencial a serem produzidos a partir do óleo de vísceras de tilápia-do-Nilo;
- v) usar a metodologia de biorrefinaria e *waste-to-energy* para tentar obter produtos com potencial de uso e;
- vi) analisar a viabilidade técnica deste tipo de produção visando agregar valor ao uso deste material.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 9 trata-se do fluxograma esquemático que resume todo o processo metodológico realizado na obtenção de biocombustível e espuma de poliuretano, dois dos novos produtos obtidos a partir do óleo visceral de tilápia-do-Nilo.

Figura 9 – Fluxograma esquemático da metodologia de obtenção de biodiesel e PU's a partir das Visceras de tilápia-do-Nilo



Fonte: O autor (2019)

4.1. Coleta e preparo das amostras

A amostra de vísceras da tilápia-do-Nilo foi coletada em Morada Nova de Minas (latitude 18° 36' 16" S e longitude 45° 21' 24" W) no dia 25 de setembro de 2018. Foram realizadas três coletas de vísceras, em três diferentes pisciculturas. Não foram incluídos cabeça, barbatanas, pela, espinhas e escamas. A motivação para a escolha apenas das vísceras ocorreu devido a não disponibilidade de equipamentos caros e/ou sofisticados para obtenção do óleo de tilápia-do-Nilo o que facilita o processo de extração e reduz custos de operação. É demonstrado na Figura 10 o material visceral *in natura* coletado.

Figura 10 – Resíduos de tilápia-do-Nilo



Fonte: O autor (2019).

A primeira coleta foi formada por 47 indivíduos, a segunda coleta por 60 indivíduos e terceira coleta por 18 indivíduos. O número de indivíduos ocorreu de acordo com a padronização de idade dos peixes, em aproximadamente 6 meses e massa corporal de aproximadamente 0,8 kg.

A análise imediata via série sólidos (percentual de umidade; percentual de cinzas; teor de carbono volátil e teor de carbono fixo), foi realizado em cada uma das três coletas. A razão para a realização de três coletas em diferentes pisciculturas é justificada pelo fato das tilápias apresentarem diferentes tratamentos e formas de manejos nessas propriedades e seria relevante observar se em peixes com mesma faixa etária e mesma faixa de massa corporal a caracterização da série sólidos seria semelhante. Como objetiva-se a obtenção do óleo a partir do resíduo visceral de diversas pisciculturas do município, é relevante trabalhar com a mistura homogeneizada

dos resíduos destas a fim de se obter maior volume de produção, porém deve-se realizar previamente a caracterização destes resíduos a fim de melhor entender os resultados finais e entender se existirá interferência direta do tratamento e manejo.

Após a coleta, as amostras foram dispostas em vasilhames de policloreto de polivinila – PVC, inerte e mantidos em resfriamento para evitar oxidação e degradação dos componentes orgânicos existentes na sua composição. Posteriormente foram transportadas em caixas térmicas, para o município de Florestal – MG. Convém destacar que as coletas aconteceram na parte da manhã e em aproximadamente 24 horas após as coletas as amostras já estavam nos laboratórios de análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV – *Campus Florestal*.

4.2. Pré-tratamento

Para fins de conservação e quantificação da umidade extrínseca, ou seja, da umidade presente na amostra externamente as células; foi realizado um tratamento térmico para reduzir a massa de água existente da amostra, que conforme demonstrado na Figura 11, foram dispostas em bandejas retangulares de PVC inerte de 30 cm x 15 cm e submetidas a aquecimento ($105,0 \pm 0,5$ °C) em estufas de reciclo por aproximadamente 24 horas (CARRIÇO; FRAGA; PASA, 2016; RAFIQUIL *et al.*, 2000). Este pré-tratamento objetivou: i) reduzir a massa de água na amostra de modo a facilitar sua conservação e ii) quantificar o teor de água extrínseca (a fração de água disposta nas partes externas das vísceras).

Figura 11 – Pré-tratamento



Fonte: O autor (2019)

A determinação do teor de umidade extrínseca foi realizada conforme equação disposta abaixo (Eq.1):

$$\text{Teor de Umidade (\% m/m)} = \frac{\text{Massa Total (g)} - \text{Massa Pós Estufa (g)}}{\text{Massa total (g)}} \quad \text{Eq (1)}$$

Após o pré-tratamento as amostras foram acondicionadas em béqueres de 2000 mL e mantidas em sistema refrigeração a 5 °C para conservação.

4.3. Série Sólidos

A fim de identificar o resíduo visceral e prever sua possível utilização, realizou-se a determinação da série sólida, ou análise bromatológica, que é composta por quatro tipos de análises a partir do material coletado e pré-tratado, são elas: i) percentual de umidade; ii) percentual de cinzas; iii) teor de carbono volátil e iv) teor de carbono fixo, que são detalhadas nos tópicos seguintes. Com a análise imediata se obteve a quantidade relativa dos compostos orgânicos leves (carbono volátil) em oposição à matéria orgânica não volátil (carbono fixo). Além disso, foi possível determinar a quantidade de umidade nas vísceras e dos compostos inorgânicos na forma de resíduos ou cinzas deixados quando este foi submetido à combustão. Sendo que, os resultados foram expressos normalmente em uma base umidade (% m/m). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV *Campus Florestal*.

4.3.1. Porcentagem de Umidade

A determinação da umidade intrínseca, isto é, a fração de água existente dentro das moléculas, presente na matéria orgânica, foi adaptada da norma ASTM D 3173-87 (1991) e fornece o percentual de umidade na amostra de biomassa. A análise baseia-se no cálculo da perda de peso da amostra quando esta é submetida a um aquecimento sob condições rígidas de controle de temperatura, tempo e atmosfera. O procedimento consistiu em aquecer em uma estufa pré-aquecido com temperatura entre 104 °C e 110 °C, 1,0 g de amostra após pré-tratamento; condicionada em um cadinho de porcelana

por uma hora, aplicando-se um fluxo de ar seco. No fim, pesou-se a amostra novamente e calculou-se o teor de umidade através da equação 2:

$$\% \text{ Umidade} = \left[\frac{A-B}{A} \right] \times 100 \quad \text{Eq (2)}$$

Em que, “A” representa a massa da amostra em gramas (1,0 g) e “B” representa a massa da amostra após evaporação da fração líquida. A Figura 12 apresenta a amostra após realização do procedimento de terminação da porcentagem de umidade.

Figura 12 – Determinação da Porcentagem de Umidade



Fonte: O autor (2019)

4.3.2. Sólidos voláteis

Adaptada da norma ASTM D 3175 (1991), esse método determina o percentual de produtos gasosos nas vísceras, que são liberados sob condições controladas de aquecimento. O conteúdo de matéria volátil foi estabelecido pela perda de peso da amostra corrigida para o conteúdo de umidade. O procedimento consistiu em levar 1,0g de amostra após realização do percentual de umidade, em um cadinho de porcelana com tampa a um forno de mufla pré-aquecido a 750 °C durante 7 minutos. Após isso, colocou-se o cadinho no dessecador e deixou-o resfriar até atingir a temperatura ambiente e pesou-se novamente a amostra.

A porcentagem de matéria volátil é calculada em duas etapas de acordo com as seguintes equações:

$$\% \text{ Perda de massa} = [(A - B) / A] \times 100 \quad \text{Eq (3)}$$

Em que, A representa a massa da amostra utilizada (1,0 g); B representa a massa da amostra após o aquecimento; percentual de Matéria Volátil representa a diferença entre as massas de C e D (C- D); C representa % de perda de massa e D representa o percentual de umidade (descrito anteriormente, conforme a norma ASTM D 3173-87). A Figura 13 apresenta a amostra após realização do procedimento de terminação de sólidos voláteis.

Figura 13 - Determinação de sólidos voláteis



Fonte: O autor (2019)

4.3.3. Percentual de cinzas

As cinzas são os resíduos inorgânicos que permanecem após a ignição da combustão da amostra. Adaptada da norma ASTM D 3174 (1991) o teor de cinza foi determinado pela pesagem dos resíduos após a queima da amostra sob condições rígidas de controle de peso da amostra, temperatura, tempo e atmosfera. O procedimento consistiu em levar a um forno de mufla, inicialmente em temperatura ambiente, 1,0 g de amostra em um cadinho de porcelana, iniciando o aquecimento do forno gradualmente, até atingir uma temperatura de 500 °C durante uma hora e 650 °C no final da segunda hora, mantendo a essa temperatura por mais duas horas. Durante o aquecimento se mantém uma taxa de fluxo de ar de 2 - 4 mudanças por minuto do volume relativo do forno. Após isso, a amostra foi resfriada e pesada novamente. A porcentagem de cinzas foi calculada conforme a equação (4):

$$\% \text{ cinzas} = \left[\frac{(A-B)}{C} \right] \times 100 \quad \text{Eq (4)}$$

Em que, A representa a massa do cadinho com tampa + resíduos de cinza (peso depois do aquecimento); B representa a massa do cadinho com tampa vazio e C representa a massa da amostra utilizada antes da queima (1,0 g). A Figura 14 apresenta a amostra após realização do procedimento de terminação do percentual de cinzas.

Figura 14 – Determinação do percentual de cinzas



Fonte: O autor (2019)

4.3.4. Carbono fixo

Esse método expressa a quantidade de matéria orgânica não volátil presente na biomassa. Foi calculado pela soma das porcentagens de umidade, cinza e matéria volátil, subtraído de 100, conforme a seguinte equação (5):

$$\% \text{ Carbono fixo} = 100 \% - [\% \text{ umidade} + \% \text{ voláteis} + \% \text{ cinzas}] \quad \text{Eq (5)}$$

Após a realização dos procedimentos preliminares e procedimentos de determinação da série sólidos as vísceras coletas foram misturadas e homogeneizadas para formação de uma amostra maior para extração de óleo.

4.4. Extração do Óleo – Tratamento termoquímico

Após o pré-tratamento e a refrigeração as frações obtidas foram submetidas a um tratamento termoquímico para extração do óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo em autoclave conforme Lee et al (2016). As amostras foram dispostas em erlenmeyers contendo frações determinadas de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Em seguida, foi

realizado o tratamento térmico, em uma autoclave operada a 125 °C, 1,84 atm, por 60 minutos. Ao final do processo, o óleo de tilápia-do-Nilo foi separado do resíduo, por centrifugação, em centrífuga de bancada em tubos de 15mL, durante 10 minutos a 3500 rpm. Ao líquido centrifugado, foi adicionado etanol (remoção de umidade), para posterior armazenamento, a 5,0 °C.

A Figura 15 apresenta três momentos da extração termoquímica, com destaque a imagem a direita em que é possível observar o óleo de peixe no tubo de centrifugação falcon.

Figura 15 – Etapas da Extração termoquímica: A – Erlenmeyer com massa visceral pré-tratada; B – Erlenmeyer em autoclave; C – Óleo de peixe pós centrifugação



Fonte: O autor (2019)

4.4.1. Nitrogênio total Kjeldahl

Para fins de investigação e caracterização do óleo de vísceras de tilápia-do-Nilo é importante determinar o teor de nitrogênio pois os valores de nitrogênio podem ser indicar a finalidade de utilização, como por exemplo liquefação, produção de biocombustíveis, produção de algas, produção de espumas de poliuretano e ainda produção de ração. A metodologia foi adaptada de Bremner (1965) .

O procedimento baseia-se em estando preparadas as soluções, medir em duplicata as alíquotas de 1 mL de óleo de vísceras de tilápia-do-Nilo e colocar no tubo digestor. Adicionou-se aos tubos digestores 5mL de H₂SO₄ concentrado e 0,7 g de mistura digestora. Deve-se preparar dois brancos com todos os reagentes e ausência de amostra.

Conduziu-se o bloco digestor (350 °C), dentro da capela por duas horas. Após observar que as amostras estão claras e as fumaças cessaram, finalizou-se a digestão. Então dilui-se as amostras em 20 mL de NaOH 10 m/m, abriu-se a válvula e deixou o

NaOH escoar lentamente e fechou-se a válvula. Com a liberação da amônia, a amostra ficou com uma coloração castanha, conforme realizado de ilustrado pela Figura 16 e exemplificado no esquema abaixo:



Figura 16 - Etapa intermediária para determinação do Teor de Nitrogênio Total



Fonte: O autor (2019)

Colocou-se na saída do destilador um erlenmeyer de 125 mL, com 25 mL da solução indicadora em ácido bórico. Iniciou-se a destilação e coletou o destilado até completar 50 a 60 mL o volume do erlenmeyer. A solução então ficou azul. Daí, titulou-se a solução com HCl padrão 0,01 mol/L. O ponto final se deu na coloração laranja. Anotou-se o volume gasto final para as amostras e também para o branco.

O nitrogênio total (NT) foi determinado pela seguinte equação:

$$NT = \frac{(V_a (ml) - V_b (ml)) * F * 0,1 (mol/L) * 0,014 * 100}{P1 (g)} \quad \text{Eq (6)}$$

Em que:

- NT – teor de nitrogênio total na amostra, em percentagem;
- Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

- Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;
- F – fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L;
- P1 – massa da amostra (em gramas).

Para a determinação da proteína bruta, multiplicou-se o valor do nitrogênio total encontrado pelo método de Kjeldahl por um fator que converte o nitrogênio em proteína. Convencionalmente, em amostras de alimentos para animais: plantas forrageiras, rações concentradas, entre outros materiais, a proteína bruta (PB) é expressa pelo fator 6,25, considerando que a maioria das proteínas contém nas suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio. A expressão utilizada para determinar a proteína bruta é:

$$PB = NT * Fn \quad \text{Eq (7)}$$

Em que: PB – teor de proteína bruta na amostra, em percentagem; FN = 6,25.

Expressou-se o resultado corrigido, tendo-se como base de correção a matéria seca a 105 °C. É importante realizar testes em branco com o objetivo de eliminar a interferência e contaminação dos reagentes.

4.4.2. Número de hidroxilas

O número de hidroxilas foi determinado de acordo com a norma ASTM D4274 (Hassan e Shukry, 2008), como segue: um grama do óleo de vísceras de tilápia-do-Nilo foi esterificado por 20 min a 110 °C com 25 mL de reagente de ftalação, uma mistura de 150 g de anidrido ftálico, 24,2 g de imidazol e 100 g de dioxano. Então, 50 mL de 1,4 dioxano e 25 mL de água destilada foram adicionados a esta mistura. Depois, foi titulado com um solução de hidróxido de sódio (1 mol.L⁻¹) até o ponto de equivalência usando um medidor de pH. O número de hidroxilas (mg KOH/g) foi calculado a partir da diferença na titulação do branco e das soluções da amostra usando a seguinte equação:

$$\text{Número de hidroxilas (mg KOH / g)} = \left[\frac{(B-A)N \times 56,1}{W} \right] \quad \text{Eq (8)}$$

$$N = \left[\frac{m(g)}{(MM/x).V(l)} \right] \quad \text{Eq (9)}$$

Em que A é o volume da solução de hidróxido de sódio necessária para a titulação da amostra (mL); B é o volume de solução em branco (mL), N é a molaridade da solução de hidróxido de sódio e W é o peso da amostra (g). X para bases é igual ao número de hidroxilas. A Figura 17 apresenta o processo em laboratório para a esterificação.

Figura 17 – Determinação do número de hidroxilas



Fonte: O autor (2019)

4.4.3. *Infravermelho*

Os grupos químicos foram identificados por espectros obtidos por FT-IR, utilizando um Espectrômetro Frontier Perkin Elmer, comprimento de onda (λ), com acessório universal de amostragem, ATR. As medidas foram realizadas dentro da área do infravermelho médio com n° de onda de 4000 a 500 cm^{-1} . As amostras foram distribuídas diretamente na superfície do cristal ATR (germânio) e analisadas no modo de transmissão. A resolução foi ajustada para 4 cm^{-1} e foram realizadas 16 varreduras (scans) os quais foram corrigidas utilizando ar ambiente como background. Os espectros foram tratados pelo software Perkin Elmer Spectrum V 10.03.06.0100, sendo o número de onda $1/\lambda$.

4.4.4. *Densidade*

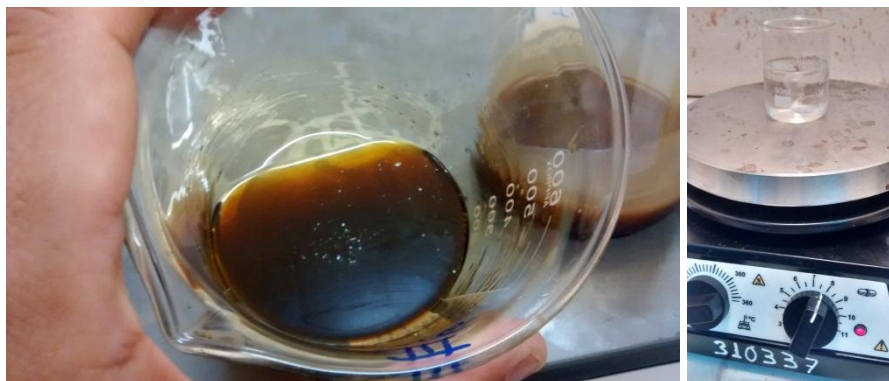
A densidade foi obtida pela técnica de picnometria, a partir da medida da massa que ocupa o volume conhecido de um picnômetro (DANIELS et al., 1962).

4.5. Biocombustível

4.5.1. Obtenção do biocombustível

A transesterificação é o processo pelo qual triacilglicerídeos irão reagir com álcoois de cadeia curta, metanol ou etanol, na presença de um catalisador, ácido ou básico, para a formação de ésteres de ácidos graxos. O metanol apresenta maior eficácia, porém é mais tóxico, enquanto que o próprio etanol pode ser largamente utilizado devido a capacidade de cultivo no Brasil, pela sua vasta extensão territorial, e possuir baixa toxicidade (Meneguetti, 2013). A Figura 18 ilustra etapas do processo de transesterificação.

Figura 18 – Etapas do processo de transesterificação



Fonte: O autor (2019)

Como metodologia para a preparação do biocombustível, realizou-se o seguinte procedimento:

Aquecimento de 100 mL de óleo, em um béquer de 500 mL, até 45 °C. Preparação de uma solução de metóxido de potássio dissolvendo 1,5 g de hidróxido de potássio (KOH) em 35 mL de metanol, com o auxílio de agitação e controle de temperatura (45 °C) até a completa dissolução de KOH. Convém citar que mesmo sendo o Brasil um grande produtor de etanol e este ser atóxico, utilizou-se metanol, pois a

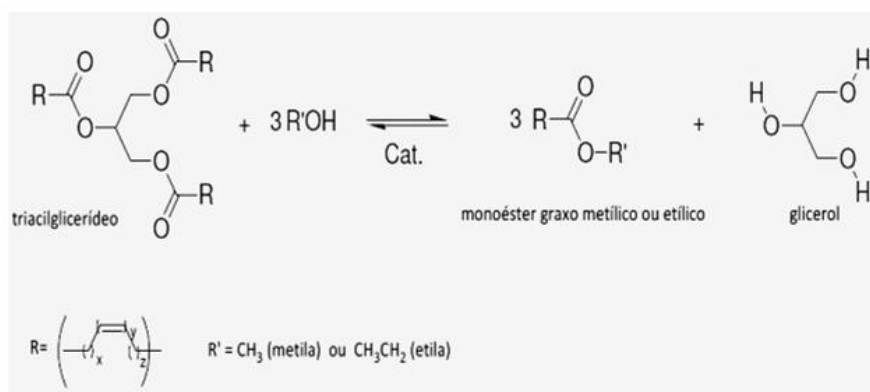
reação com o óleo de peixe só ocorreu na presença deste reagente, fato que não ocorreu na presença do etanol, mesmo após diversas repetições.

Em seguida, adicionou-se a solução de metóxido de potássio, recentemente preparada, e manteve-se a mistura reacional sob agitação a 45 °C, por 10 min. Realizou-se a transferência dos produtos formados para um funil de separação e após 15 minutos, ocorreu a separação das fases. Neste ponto, retirara-se a glicerina obtida.

Deve-se realizar a purificação do biodiesel, para isso é necessário lavá-lo com 50 mL da solução aquosa de ácido clorídrico a 0,5% (v/v); e em seguida, realizar nova lavagem com 50 mL de solução saturada de NaCl e, finalmente, com 50 mL de água destilada. Para remoção dos traços de umidade, filtrar o biodiesel utilizando sulfato de sódio anidro.

A Figura 19 apresenta um esquema geral da reação de transesterificação para obtenção de biodiesel, na qual um mol de triacilglicerídeo reage com três mols de álcool com formação dos ésteres desejados e glicerina.

Figura 19 – Esquema geral da reação de transesterificação para obtenção de biodiesel.



Fonte: Adaptado de Meneguetti, 2013

4.5.2. Caracterização do Biodiesel

O biodiesel e o óleo obtido das vísceras de peixe foram **caracterizados** em função da densidade e dos grupos químicos identificados por espectroscopia de absorção no infravermelho (FT-IR). A densidade foi obtida pela técnica de picnometria, a partir da medida da massa que ocupa o volume conhecido de um picnômetro (DANIELS et al., 1962).

Os grupos químicos foram identificados por espectros obtidos por FT-IR, utilizando um Espectrômetro Frontier (Perkin Elmer), com acessório universal de amostragem, ATR. As medidas foram realizadas dentro da área do infravermelho médio (4000 a 500 cm^{-1}). As amostras foram distribuídas diretamente na superfície do cristal ATR (germânio) e analisadas no modo de transmissão. A resolução foi ajustada para 4 cm^{-1} e foram realizadas 16 varreduras (scans) os quais foram corrigidas utilizando ar ambiente como background. Os espectros foram tratados pelo software Perkin Elmer Spectrum V 10.03.06.0100.

4.6. Poliuretanas (PU's)

4.6.1. Síntese de poliuretanas

As espumas de poliuretano são sintetizadas utilizando o método de processo descontínuo, pela mistura de polioliol, que neste trabalho utilizaremos o óleo de vísceras de tilápias em substituição, surfactante, catalisador e agente de expansão utilizando um agitador mecânico, modelo Fisatom 713 D, até homogeneização do sistema. A formulação de espuma contém 2 %m/m de agente de sopro, 2 %m/m de surfactante e 2 %m/m de catalisador em relação ao peso de polioliol. O isocianato é adicionado a este sistema e permanece sob agitação por 20 segundos. A formulação deve ser derramada em um molde de madeira com dimensões de 7,0 cm x 7,0 cm x 20,0 cm para o crescimento da espuma de polímero, e o molde foi mantido fechado durante 24 horas à temperatura ambiente para realizar a cura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Optou em utilizar somente a parte residual visceral da tilápia-do-Nilo pois a obtenção do óleo para a produção de biocombustível e novos materiais ocorre quase que espontaneamente. Em testes realizados preliminares, utilizando somente vísceras, vísceras mais cabeça, vísceras mais escamas e vísceras mais cabeça e escamas observou-se que o óleo era obtido na amostra contendo apenas vísceras, sem necessidade de trituração para redução de parcelas da amostra ou qualquer tratamento prévio, o que reduz o custo final na produção do óleo de tilápia. Tais testes foram realizados apenas em caráter experimental, visando observar qual o melhor caminho a

percorrer já que na literatura existem reduzidas publicações que se assemelham ao nosso trabalho quanto ao objetivo.

Os óleos de peixes podem apresentar teor de água elevado e ser passível de atividade enzimática o que favorece a hidrólise dos triacilgliceróis liberando ácidos graxos. Desta forma, uma alternativa para tratamento desses óleos seria uma etapa preliminar para inativar enzimas endógenas presentes no estômago do animal. Por esta razão, realizou-se o pré-tratamento da amostra.

A água, além de promover a hidrólise do biodiesel resultando em ácidos graxos livres, também está associada à proliferação de micro-organismos, corrosão em tanques de estocagem com deposição de sedimentos (Lobo *et al.*, 2009), por esta razão é importante a sua redução.

O tratamento prévio que foi realizado para fins de conservação da amostra e quantificação da umidade extrínseca ocasionou a redução de 64 % da massa inicial, ou seja, de 1000 mL de resíduo *in natura*, restaram 360 mL após pré-tratamento.

As amostras foram coletadas do total de 125 peixes, massa média de 0,8 kg, massa média dos resíduos 0,523 kg e com média visceral de 0,128 kg. Portanto, a amostra apresentou 65,3 % de resíduo sendo 16 % de resíduo visceral. Conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados experimentais e respectivo desvio padrão das amostras analisadas

	Peixes (unidades)	Massa da amostra	Massa de resíduos	Massa de vísceras
Amostra homogeneizada	125	100 kg	65,3 kg	16 kg

Fonte: Os autores (2019)

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos por Vidotti e Gonçalves (2006) e por Arruda (2004) relacionados aos resíduos gerados no processo de filetagem de tilápia; e por Silva (2009) que observou o percentual residual em diferentes faixas de peso para abate.

Tabela 2 – Resultados obtidos por autores em suas pesquisas sobre resíduo de tilápia

	Resíduos do processo de filetagem de tilápia			
	Cabeça mais carcaça	Peles	Escamas	Aparas de file
Vidotti e Gonçalves (2006)	71 %	14 %	1,4 %	7,1 %
	Resíduos do processo de filetagem de tilápia			
	Cabeça	Nadadeiras	Vísceras	Outros
Arruda (2004)	51,3 %	16,7 %	10 %	23,3 %
	Resíduos de tilápia-do-Nilo com diferentes faixas de peso para abate			
	250-300 g	350-400 g	450-500 g	550-600 g
Silva (2009)	12,77 %	13,26 %	12,69 %	10,98 %

Fonte: Os autores (2019)

A obtenção do óleo levou em consideração que a diversidade de fontes de óleos de origem vegetal e animal, faz com que ocorra uma grande variabilidade de metodologias e percentuais de extração. As tecnologias usuais são as de extração por prensagem mecânica, com escalas e ordens de investimento menores, e de extração química, com escalas e investimentos maiores, que utilizam solventes. Existem as mais avançadas que realizam a extração utilizando fluido supercrítico e enzimas (E-CYCLE, 2018)

Independentemente do processo de extração utilizado, o preparo da matéria-prima normalmente passa por algumas etapas iniciais antes da extração em si: limpeza, decorticação, trituração, laminação e cozimento. Do ponto de vista químico não há como selecionar a metodologia mais eficiente para a extração desses compostos que podem sofrer a influência de diversos fatores, como a natureza do material, o solvente empregado na extração, o tamanho das partículas, o tempo e a temperatura de extração.

As vísceras de tilápia-do-Nilo apresentaram-se como um material com possibilidades de extração fácil já que não há necessidade de preparo inicial da amostra para este fim.

A escolha da metodologia buscou atribuir rendimento ao processo de extração. Ao determinar o processo de extração do óleo visceral, considerou-se que este deveria ser o mais completo, viável e ao mesmo tempo, de baixo custo, desta forma optou-se pelo processo de extração termoquímica.

Na extração termoquímica, o calor e a pressão facilitam o rompimento das membranas celulares e o processo é otimizado pelo solvente orgânico, o etanol, que penetra no interior das células das vísceras e faz com que os óleos migrem para o solvente por terem maior afinidade com este.

Desta forma o processo demonstrou-se muito eficiente e foi otimizado pela centrifugação, onde ocorreu a separação final do óleo **dos materiais residuais**.

O rendimento da produção de óleo de resíduo visceral de tilápia-do-Nilo após o método empregando de extração termoquímica seguido de centrifugação, extraiu 89 % do óleo da amostra pré-tratada. Ao considerarmos a amostra inicial até a obtenção do óleo obteve-se 320 mL de óleo. L⁻¹, ou seja, 32 % de óleo de tilápia-do-Nilo. O método empregado demonstrou-se eficiente e com alto percentual de extração e o rendimento está apresentado na Tabela 3.

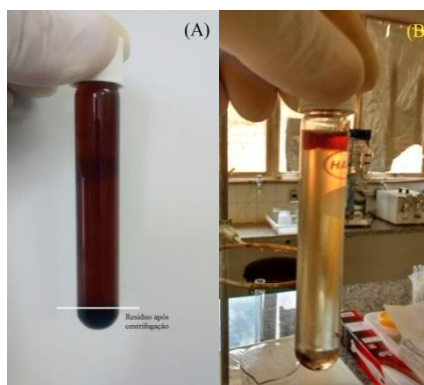
Tabela 3 – Rendimento de produção do óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo

	Tratamento prévio	Extração termoquímica	Rendimento final de óleo
Rendimento	36 %	89 %	32 %

Fonte: Os autores (2019)

A Figura 20(A) mostra o óleo obtido após a realização do processo de extração com a formação residual após a centrifugação. A Figura 20(B) mostra o residual após a retirada do óleo e o preenchimento do tubo falcon com água a fim de ilustrar e evidenciar a formação do resíduo.

Figura 19 – Resultados do processo de extração termoquímica mais centrifugação



Fonte: O autor (2019)

A Tabela 4 apresenta o rendimento de produção de óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo, obtidos através da utilização de diferentes partes do corpo do peixe. O resultado alcançado através do método de extração termoquímica seguido de centrifugação dos resíduos viscerais demonstrou-se de maior rendimento quando comparado a outros órgãos, mistura de órgãos e metodologia diferente, realizado por outros pesquisadores.

Tabela 4 – Rendimento de produção do óleo das vísceras de tilápia-do-Nilo

	Rendimento final de óleo
Neste trabalho	32 %
Martins (2012) – vísceras via cocção e prensagem	22,2 %
Martins (2012) – cabeça via cocção e prensagem	9,23 %
Martins (2012) – mistura de resíduos via cocção e prensagem	6,12 %
Martins (2012) – nadadeira via cocção e prensagem	4,33 %
Martins (2012) – escama via cocção e prensagem	0 %
Martins (2012) – pele via cocção e prensagem	0 %
Vidotti e Gonçalves (2006) – mistura de resíduos via cocção e prensagem	15 %
Gomes et al., (2011) Mistura de resíduos via extração pelo método Soxhlet	16 %

Fonte: Os autores (2019)

Na Tabela 5 observa-se o teor de umidade extrínseca das vísceras das três amostras de tilápias-do-Nilo com peso médio de 0,8 kg e o teor observado por Arruda (2004), também com tilápias-do-Nilo com mesma faixa de massa corporal.

Tabela 5 – Teor de Umidade extrínseca das vísceras de tilápia-do-Nilo

	Amostra analisada	Arruda (2004)
Umidade extrínseca	64 %	78 %

Fonte: Os autores (2019)

Os quase 36 % de amostra restante com perfil lipídico, do resíduo visceral de tilápias-do-Nilo produzidas no lago da represa de Três Marias, no Município de Morada Nova de Minas – MG foram submetidos à extração do óleo e posterior obtenção de

biocombustível e novos produtos. A análise das séries sólidos foi realizada com o material pré-tratado e os resultados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados experimentais e respectivo desvio padrão das amostras analisadas

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média (DP)
Percentual de umidade	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,0 ± 0,1
Percentual de cinzas	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Percentual de carbono volátil	77,3 ± 4,6	69,0 ± 5,7	48,2 ± 11	64,8 ± 3,4
Teor de carbono fixo	21,5 ± 4,8	29,9 ± 5,5	50,3 ± 10,9	34,0 ± 3,3

Fonte: Os autores (2019)

O percentual de cinzas indica apenas uma riqueza da amostra em elementos minerais, sendo necessária análise específica para determinação do perfil de minerais (VITAL et al., 1986). As cinzas são substâncias compostas de material inorgânico e tem relação inversa com o poder calorífico.

Os materiais voláteis durante a queima da biomassa volatilizam rapidamente diminuindo o tempo de residência do combustível dentro do aparelho de combustão, podendo contribuir para uma baixa eficiência energética. (OLIVEIRA, 2003)

O carbono fixo corresponde à quantidade de carbono presente no combustível e está relacionado com o poder calorífico, sendo uma das características químicas de maior influência na sua utilização (OLIVEIRA et al., 1982). Um maior teor de carbono fixo implica em um maior tempo de residência dentro do aparelho de queima.

Shoethe (2014) analisando uma amostra representativa de resíduos de um grupo de tilápias encontrou 91,64% de concentração de sólidos voláteis e 8,33% de sólidos fixos. A existência de sólidos orgânicos está diretamente relacionada ao potencial de produção de biogás. De acordo com Leite e Polvinelli (1999), a bioconversão só deve ocorrer na fração orgânica do substrato, portanto quanto maior a concentração de sólidos totais voláteis, maior também deverá ser a taxa de bioconversão do resíduo, ou seja, potencial produção de biogás.

A Tabela 7 apresenta resultados de séries sólidos obtidas por autores que pesquisaram diferentes espécies / materiais. Cada análise de série sólida leva em consideração a observação de perfil material que estão em acordo ao objetivo da pesquisa.

Tabela 7 – Resultados experimentais de diversos autores

	Thurston (1962)	Thurston (1962)	Lessi (1965)	Lessi (1965)	Valente (2013)	Arruda (2004)
Espécie/ Material	Truta <i>Cristivomer namaycush</i>	Truta <i>Cristivomer sisconset</i>	Curimbatá – File <i>Prochilodus scrofa</i>	Curimbatá – Peixe inteiro <i>Prochilodus scrofa</i>	Mistura residual de pescado	Óleo de silagem de tilápia
Peso médio (kg)	1,62	3,7	N.A	N.A	N.A	N.A
Umidade (%)	73,0	41,4	72,5	71,6	71,0	78,95
Proteína (%)	18,0	9,6	6,68	5,56	9,6	14,93
Lipídios (%)	9,4	48,5	6,68	5,56	N.A	1,54
Cinza (%)	1,0	0,6	1,38	3,29	21,6	2,49
Fibras (%)	N.A	N.A	0,02%	0,21%	N.A	N.A
Carbono total (%)	N.A	N.A	N.A	N.A	43,3	N.A

N.A – Não avaliado

Fonte: Os autores (2019)

Os trabalhos encontraram valores divergentes, já que utilizam metodologias diferentes de análises, com diferenças entre espécies e órgãos ou resíduos analisados. Através dos resultados experimentais da série sólidos foi possível observar a riqueza de elementos minerais, a eficiência energética, poder calorífico e quantidade de água do material residual a fim de observar as possibilidades de utilização e viabilidade para a produção de novos produtos.

O método de Kjeldahl é amplamente utilizado para determinação do teor de proteína em peixes, multiplicando o teor de nitrogênio por 6,25. A determinação de nitrogênio inclui outras frações que diferem nutricionalmente da proteína do músculo, como por exemplo a proteína tipo gelatina e outros extrativos, incluindo aminoácidos livres que não representam a proteína verdadeira, fato que é criticado apesar da maioria dos pesquisadores o usarem em experimentos de nutrição (GEIGER, 1962). Neste trabalho, o método é relevante pois a análise não é realizada em músculos ou partes alimentares. A Tabela 8 apresenta o teor de nitrogênio e o teor de proteínas observados por diferentes autores.

Tabela 8 – Teor de Nitrogênio e Proteínas observados por diferentes autores em diferentes espécies

	Teor nitrogênio	Teor de Proteína Bruta
Neste trabalho	4,27 %	26,7 %
Hisano, Ishikawa e Portz, (2012) Silagem de vísceras de surubim	4,11 %	25,7 %
Iglesias et al. (2009) Silagem de resíduo de carpa cabeça grande (<i>Aristichthys nobilis</i>).	2,09 %	13,08 %
Oliveira et al. (2006) Silagem ácida de resíduo de filetagem de tilápia.	7,68 %	48,0 %
Thurston (1962) Truta <i>Cristivomer namaycush</i>	2,88 %	18,0 %
Thurston (1962) Truta <i>Cristivomer siskonset</i>	1,54 %	9,6 %
Lessi (1965) Curimbatá – File <i>Prochilodus scrofa</i>	1,07 %	6,68 %
Lessi (1965) Curimbatá – Peixe inteiro <i>Prochilodus scrofa</i>	0,89 %	5,56 %
Valente (2013) Mistura residual de pescado	1,54 %	9,6 %
Arruda (2004) Óleo de silagem de tilápia	2,39 %	14,93 %

Fonte: Os autores (2019)

O rendimento da produção de biodiesel foi calculada em 38 %, ou seja, cada 100 mL de óleo de tilápia-do-Nilo originou 38 mL de biocombustível. A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos por outros autores quanto ao rendimento de produção de biodiesel a partir de diferentes óleos.

Tabela 9 – Rendimento de produção de biodiesel

Autor / Origem do óleo	Rendimento
Amostra – óleo visceral de tilápia-do-Nilo	38,0 %
Silva e Santos (2014) – óleo visceral de tilápia-do-Nilo	42,6 %
Santos et al (2015) – óleo visceral de tilápia-do-Nilo	42,8 %
Martins (2012) – óleo visceral de tilápia-do-Nilo	19,3 %
Martins (2012) – óleo de cabeça de tilápia-do-Nilo	8,1 %
Rai et al (2010) – óleo de vísceras de carpas	21,0 %
Jayasinghe e Hawboldt (2013) – óleo de bacalhau	32,0 %

Fonte: Os autores (2019)

A massa específica, determinada pela medida da razão entre a massa e o volume de uma substância à temperatura e pressão especificadas, também chamada de densidade, é outra importante propriedade. O objetivo deste parâmetro é restringir a utilização de algumas matérias-primas para a produção de biodiesel, devido a esta característica exercer grande influência em processos como a injeção de combustível e a preparação deste para a ignição automática. O equipamento de injeção de combustível opera dentro de um sistema de medição de volume, onde uma elevada massa específica para o biodiesel resulta em uma entrega maior da massa de combustível (Cunha, 2008).

Os resultados experimentais apresentaram massa específica de 1052 kg.m^{-3} para o óleo de tilápia-do-Nilo extraído e 983 kg.m^{-3} para o biodiesel produzido a partir do óleo, ambos **apresentam-se** em desacordo aos valores adequados a resolução nº 51 da ANP, que sugere massa específica de $850\text{-}950 \text{ kg.m}^{-3}$ para o óleo de tilápia-do-Nilo produzido e $850\text{-}900 \text{ kg.m}^{-3}$ para o biodiesel. A Tabela 10 apresenta o valor de massa específica para o óleo e biocombustível obtidos por autores que trabalharam com diferentes espécies e diferentes órgãos de peixes.

Tabela 10 – Valor de massa específica (kg.m-3) a 20° C

	Massa específica kg.m ⁻³	
	Óleo	Biocombustível
Amostra – resíduo visceral de tilápia-do-Nilo	1052	983
Melo et al (2010) – tilápia-do-Nilo	914	N.A
Oliveira (2008) – óleo do filé de tambaqui (<i>Colossoma macroponum</i>)	907	N.A
Martins (2012) – mistura de resíduos de tilápia-do-Nilo	N.A	877
Demirbas (2005) – mistura de resíduos de pescado (diversas espécies)	N.A	850 - 900
Kucek (2007) mistura de resíduos de pescado (diversas espécies)	N.A	850 - 900
Encimar et al. (2007) mistura de resíduos de pescado (diversas espécies)	N.A	850 - 900
Cunha (2008) mistura de resíduos de pescado (diversas espécies)	N.A	850 - 900

N.A – Não avaliado

Fonte: O autor (2019)

A Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR) surgiu como uma ferramenta útil na química analítica moderna. Para a análise de parâmetros de qualidade de lipídeos é uma técnica promissora, que possui vantagens, como a minimização da etapa de preparo da amostra, permitindo a realização de análises diretas, sem uso de solventes orgânicos que são por vezes prejudiciais à saúde e ao meio ambiente (ELSOHABY et al., 2014).

Além destas vantagens, a FT-IR possui alta velocidade de detecção, capacidade de detectar vários tipos de componentes e robustez, porém apresenta como desvantagem a não identificação direta dos grupamentos orgânicos, sendo isso realizado por meio de comparação dos dados na literatura (ZHANG et al., 2015)

No presente estudo comparou-se ao mesmo tempo o óleo de tilápia-do-Nilo, a glicerina produzida no processo de transesterificação e o biocombustível.

A banda alargada na região 3.000-3.600 cm⁻¹ ratifica presença de água nas amostras. A obtenção dos espectros foi calculada através dos valores de transmitância no ápice das bandas de hidroxila (OH ~3.380 cm⁻¹).

É verificado em pouco acima de 3.000 cm^{-1} os estiramentos $s(\text{sp}^2\text{-s})$ C-H de alquenos, a referida absorção corrobora a existência de insaturações na estrutura.

Incidem nas deformações axiais $\sigma(\text{sp}^3\text{-s})$ H-CH, sendo e as bandas em aproximadamente 2920 e 2870 cm^{-1} foram atribuídas a trechos CH_2 e CH_3 de cadeias alifáticas este aumento é devido à ruptura na espinha dorsal da biomassa.

Os resultados de FT-IR evidenciam deformação axial em $\approx 1.750\text{ cm}^{-1}$ referente ao estiramento C=O. A obtenção do espectro foi calculada através dos valores de transmitância no ápice das bandas de carbonila (C=O $\sim 1.730\text{ cm}^{-1}$)

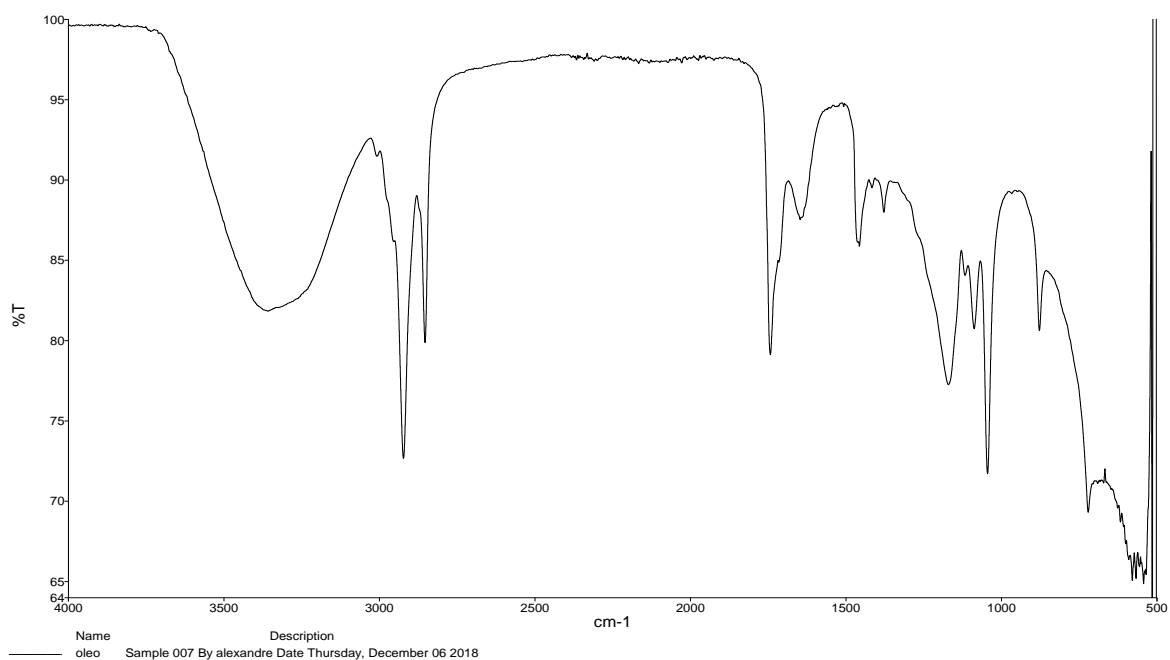
Em $\approx 1400\text{ cm}^{-1}$ implica em uma deformação angular de $\sigma(\text{sp}^3\text{-s})$ C-H, evidenciando ligações simples no monos-éster etílicos.

A absorção em $\approx 1200\text{ cm}^{-1}$ consiste no estiramento C-O característico de ésteres. A obtenção do espectro foi calculado através do valor de transmitância no ápice das bandas éter (C-O-C $\sim 1.230\text{ cm}^{-1}$)

A região de absorção em $\approx 700\text{ cm}^{-1}$ refere-se à deformação assimétrica de grupos metilênicos.

O comportamento supracitado é característico de cadeias longas de hidrocarbonetos contendo interligados $(-\text{CH}_2-)_n$ (SILVERSTEIN *et al.*, 1991).

Figura 20 – Perfil do aspecto FT-IR



Fonte: O autor (2019)

A biomassa tem atraído muita atenção por se tratar de uma fonte de energia renovável e por seu uso não provocar danos ao meio ambiente. Nesse contexto, a oleoquímica é definida como um segmento da tecnologia industrial que abrange produtos e processos que se utilizam de matérias graxas, como óleos vegetais, graxas animais, ceras etc. (BARROS, 2018)

A oleoquímica quando direcionada para fins que não sejam alimentícios é uma das principais bases da química verde, onde sua aplicação industrial baseia-se na substituição os derivados de petróleo na produção de diversos materiais.

A liquefação de biomassa tem como objetivo transformar materiais sólidos carbonosos em produtos químicos (como polióis), que depende das propriedades físicas e químicas da matéria-prima. O poliol é fortemente dependente características de biomassa e condições de liquefação, estas propriedades dão importantes indicações processo de liquefação e informações sobre a qualidade do poliol (ERIKSSONV et al, 2009). Por esta razão, a análise aproximada (matéria volátil, cinzas e teor de carbono fixo) estima o uso da biomassa para produzir polióis, uma vez que influenciam diretamente a composição da biomassa, como o teor de carbono.

Foi observado alto teor de matéria volátil (cerca de 64 % em peso), o que representa compostos orgânicos de baixa cadeia que é facilmente solubilizado em solvente. Estes componentes orgânicos de cadeia baixa contribuem para a composição dos polióis.

O teor de cinzas representa os compostos inorgânicos, que não foram solubilizados na liquefação. O resíduo de visceral de tilápia apresentou 0,2 % em peso de cinzas, que representam o inorgânico compostos. Geralmente, alta quantidade de cinzas pode causar baixa rendimentos de reação e problemas operacionais devido à alta quantidade de resíduos insolúveis após a biomassa principal conversão (ERIKSSONV et al, 2009, JUHAIDA et al, 2010). Portanto, quanto maior a quantidade de cinzas, menor o rendimento (RAFIQUL et al., 2000)

O carbono fixo ou não combinado (FC) é a fração remanescente após a matéria volátil (compostos orgânicos de alta cadeia). Estas amostras de resíduos de tilápia mostraram um conteúdo de carbono fixo de aproximadamente 34% em peso, valor inferior em comparação com biomassas lignocelulósicas (RAMBO et al., 2015). A alta relação VM/FC aumenta o grau de reatividade da biomassa.

Devido as características apresentadas pelas amostras na análise de FT-IR e o resultado do número de hidroxilas observados na amostra do óleo de tilápia (mg KOH/g

= $2120,4 \pm 648,1$), observou-se a viabilidade de utilização do óleo visceral de tilápias para a síntese de poliuretanas e os resultados foram satisfatórios.

O valor de mg KOH/g para produção de CASE – coberturas (revestimentos), adesivos, selantes e elastômeros é 56 ± 3 ; para espumas flexíveis convencionais – glicerina 56 ± 3 mg KOH/g, para espumas flexíveis convencionais – amina 60 ± 3 mg KOH/g, para espumas flexíveis HR 35 ± 2 mg KOH/g, para espumas rígidas 380 ± 25 mg KOH/g (POLIÓIES, 200?).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, considerando o panorama atual de produção de tilápia-do-Nilo em Morada Nova de Minas – MG é possível e viável aproveitar as vísceras do beneficiamento para obtenção do óleo, através de um processo eficiente, de baixo custo e com ótimo rendimento. A partir do óleo obtido mediante comparação dos parâmetros físico-químicos levantados, o óleo apresenta ótima eficiência no rendimento, rapidez nos processos e menor gasto energético e com reagentes, qualificando como adequado para produção de biocombustível e novos materiais.

Este estudo demonstra possibilidades de utilização de resíduos de tilapicultura como matéria-prima renovável em biorrefinarias para a produção de bioprodutos.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que o óleo extraído das vísceras de peixe da espécie Tilápia-de-Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresentou-se viável como matéria-prima para produção de biodiesel e glicerina. A viabilidade através da metodologia de extração termoquímica mais centrifugação demonstrou-se eficiente e com rendimento de produção de óleo superiores ao descrito na literatura.

A produção de biocombustível a partir do óleo também se demonstrou viável e com rendimento satisfatório. No entanto o resultado do parâmetro massa específica não corrobora com os limites estabelecidos pela Resolução ANP 51/2015, tanto para o óleo de tilápia, quanto para o biocombustível, portanto não atende as normas de comercialização, porém não impede a utilização dos produtos. A adoção de novos parâmetros como índice de acidez e viscosidade cinemática, deverão ser acrescidos em novos trabalhos a fim de corroborarem com os limites estabelecidos pela ANP 51/2015, quanto a comercialização do óleo a fim de produção de biocombustível. A repetição dos testes e a utilização de novos processos metodológicos deverão ser realizados para que a produção de biocombustível a partir dessa matéria-prima possa torna-se comercial.

Os resíduos viscerais de tilápia, matéria-prima analisada neste estudo é abundante e promissora para oportunidades de biorefinação no Brasil. Um caso não analisado neste estudo, mas que será observado em estudos futuros é quanto a produção de biogás (CH_4), já que os estudos de caracterização físico-química das vísceras da tilápia *Oreochromis niloticus* demonstraram potencial para produção de gás metano.

A caracterização físico-química indicou que, em geral, o óleo de tilápia-do-Nilo exhibe parâmetros para produção de polioliol, como alto teor de carbono e baixo teor de cinzas. A liquefação, processo de conversão do óleo de tilápias em polióis é simples,

rápido e barato e apresentou alto rendimento. Os polióis obtidos têm um potencial uso para produzir espumas rígidas de poliuretano. Seu uso para produção de polióis de baixo custo por conversão química e sua possível incorporação como precursores em formulações de polímeros poderia acarretar uma grande valorização do resíduo através deste subproduto.

Em outras palavras, através das observações dos perfis FT-IR e número de hidroxilas o óleo de tilápia-do-Nilo apresentou-se como excelente matéria-prima para produção de espuma de poliuretano. Tal observação foi comprovada através da produção da espuma com características de interesse mercadológico diversos, podendo ser utilizadas na fabricação de espumas rígidas, em elastômeros duráveis, em fibras, vedações, refrigeração, gaxetas, peças de plástico rígido, pneus, mobílias, colchões, assentos automotivos e tantos outros diversos materiais.

No que diz respeito a glicerina (coproduto do biocombustível), serão realizados testes futuros que observem a sua utilização na preparação de poliuretano com polióis, fato que também acarretaria maior valorização da cadeia produtora de tilápias e em melhorias ambientais para o município.

A disponibilidade de resíduo visceral, a facilidade e rendimento de produção do óleo e a viabilidade, produtividade e facilidade para utilização como novos produtos são reais e uma oportunidade para se agregar valor à cadeia produtiva e minimizar os impactos ambientais do setor da piscicultura em Morada Nova de Minas, na região de Três Marias, estado de Minas Gerais.

7. REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODOI, A. R.; et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 260-268, 2008.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº.51**, de 25 de novembro de 2015. Brasília: Diário Oficial da União, 2015. p.37-38.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim mensal do biodiesel**, jan. 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 29 de set. 2018.

ANP - Agência Nacional de Petróleo. Disponível em: [Thep:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). Acesso em: 10 mar. 2018.

ARRUDA, Lia Ferraz.; **Aproveitamento de resíduo do beneficiamento de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004. Disponível em: [<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-05112004-142653/>](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-05112004-142653/). Acesso em: 15 jan. 2019.

ARRUDA, Lia Ferraz.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Silagem ácida- uma tecnologia alternativa para aproveitamento do resíduo do processamento do pescado. **Revista Aquicultura & Pesca**, São Paulo, v. 4, p. 10-14, 2005.

ARRUDA, P. V.; RODRIGUES, R. C. L. B.; FELIPE, M. G. A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, v. 26, p. 56-62, 2007.

ASTM 1991. Annual Book of ASTM Standarts. Sec 05.05. **Standarts test Methods for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke**.ASTM, 3173-87 Philadelphia, PA 324-325.

ASTM 1991. Annual Book of ASTM Standarts. Sec 05.05. **Standarts test Methods for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke**.ASTM, 3174-89 Philadelphia, PA 326-328.

ASTM 1991. Annual Book of ASTM Standarts. Sec 05.05. **Standarts test Methods for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke**. ASTM, 3175-89 Philadelphia, PA 329-331.

BANCO MUNDIAL. **Peixes até 2030: perspectivas para a pesca e a aquicultura**. Washington: Banco Mundial, dezembro de 2013

BARROS, Talita Delgrossi. **Oleoquímica: Árvore de conhecimento - Agroenergia**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BASTOS, V. D. **Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável : revolução tecnológica e financiamento.** Brasil, 2012.

BATISTA I. **BIOTECMAR "Valorização de rejeições e subprodutos do processamento do pescado. Um desafio e uma oportunidade!"** Sessão de divulgação Porto, 6 de Abril de 2011.

BENNETT, S. J.; PEARSON, P. J. G. From petrochemical complexes to biorefineries? The past and prospective co-evolution of liquid fuels and chemicals production in the UK. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, p. 1120–1139, Fevereiro 2009.

BONOMETO, R. P. **Análise energética do processo experimental de Produção de Biodiesel a partir de óleo de frango.** 2009. 45f. Dissertação (Mestrado em Energia na agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009.

BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; COLDEBELLA, A.; BUENO, G. B.; FEIDEN, A. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 686-692, 2010.

BREMNER, J. M.; Total Nitrogen. Methods of soil analysis Part 2- Chemical and Microbiological Properties number 9 in the series Agronomy, **American Society of Agronomy Inc.:** Publisher USA, 1965, p. 1149-1178.

BRASIL. Ministério da Educação e Ministério do Meio-ambiente. **Manual de Educação para o Consumo Sustentável.** Brasília: Idec, 2005. 160 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/consumo_sustentavel.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Resolução Conama nº 413 de 26 de junho de 2009.** Estabelece normas e critérios para o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL, **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em . <<[www.planalto.gov.br /ccivl/03/AtoL2007-2010/Lei12305](http://www.planalto.gov.br/ccivl/03/AtoL2007-2010/Lei12305). Acesso em: 10 de Fevereiro de 2014.

BRASIL, Farming. **Piscicultura brasileira produziu 697 mil toneladas e cresceu 8% em 2017.** 2018. Disponível em: <<https://sfagro.uol.com.br/piscicultura-brasileira-2017/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil.** (2013a). Brasília: República Federativa do Brasil.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2013b). **Censo aquícola nacional, ano 2008.** Brasília: República Federativa do Brasil.

CÂMARA MUNICIPAL. Lei Orgânica Municipal, De 29 de Junho de 1990. **Lei Orgânica Municipal**, Morada Nova de Minas, MG, revisada em 2002. Disponível em:

< <http://www.camaramoradanova.mg.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/leiorganica.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

CARRIÇO C. S.; FRAGA T.; PASA V. M. D., 2016, **Production and characterization of polyurethane foams from a simple mixture of castor oil, crude glycerol and untreated lignin as bio-based polyols**. *European Polymer Journal*, v. 85, p. 53–61

CEWEP. Confederação de Resíduos Europeus em Usinas de Energia. **Aquecimento e iluminação do caminho para o futuro sustentável: eficiência energética e proteção climática**. 2013. Disponível em: http://www.cewep.eu/m_1073. Acesso em: 16 de mai. 2017.

CHEN, R.; ZHANG, C.; KESSLER, Mi. R. Polyols and polyurethanes prepared from epoxidized soybean oil ring-opened by polyhydroxy fatty acids with varying OH numbers. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 1, p.41213-41223, 2015. _

CHERUBINI, F.; JUNGMEIER, G.; ISCH, M.; et al. **Toward a common classification approach for biorefinery systems**. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 3, p. 534–546, 2009.

CHERUBINI, F. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy Conversion and Management**, p.1412-1421. 2010

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. **Biological treatment processes for fish processing wastewater- A review**. *Bioresource technology*, v. 101, n. 2, p. 439–49, jan. 2010.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Com apoio da Codevasf, piscicultores do semiárido mineiro produzem 7,4 mil toneladas e movimentam R\$ 38 milhões**. Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/noticias>>. 2014. Acesso em: 03 out. 2016, 13:14:58.

CUNHA, M. E. **Caracterização de biodiesel produzido com misturas binárias de sebo bovino, óleo de frango e óleo de soja**, Porto alegre, Programa de Pósgraduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do sul (UFRS), 2008. Dissertação de Mestrado.

DANIELS, F.; MATHEWS, J. H.; WILLIAMS, J. W.; BENDER, P. e ALBERTY, R. A. **Experimental Physical Chemistry**, New York, McGraw Hill Co., 1962.

DEMIRBAS, A.; **Progress in Energy and Combustion Science**, 2005, 31, 466

E-CYCLE. **O que é sustentabilidade: conceitos, definições e exemplos**. 2018. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3093-sustentabilidade-o-que-e-conceito-de>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ELSOHABY, I.; RILEY, C. B.; HOU, S.; McCLURE, J. T.; SHAW, R. A.; KEEFE, G. P. Medição da imunoglobulina G sérica em vacas leiteiras usando espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier: Uma abordagem livre de reagentes. **The Veterinary Journal**, v. 202, p. 510-515, 2014.

ENCIMAR, J. M.; GONZÁLEZ, J. F.; RODRÍGUEZ-REINARES, A.; **Fuel Processing Technology**, 2007, 88, 513.

ERIKSSON G., HEDMAN H., BOSTRÖM D., PETTERSSON E., BACKMAN R., ÖHMAN M., 2009, Combustion characterization of rapeseed meal and possible combustion applications, **Energy Fuels** 23, 3930–3939.

DIAS, F. P. **Aproveitamento de vísceras de tilápia para a produção de biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos /Saneamento Ambiental). Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

DICIO. **Dicionário On –line de Português.**, 2018. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/biomassa>>. Acesso em: 01 Setembro 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Biorrefinarias**. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Mercado da Tilápia – 2º trimestre de 2016**. Palmas: Embrapa, 2016. (Informativo Mercado da Tilápia, n. 8). Disponível em: www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura. Acesso em: 14 out. 2018.

EMATER. **Minas Gerais cresce e avança no ranking nacional de criação de peixes**. 2017. Disponível em: <http://emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=novosite_pagina_interna&id=21510>. Acesso em: 17 jul. 2018.

EHRENFELD, J. N. GERTLER, N. Ecologia industrial na prática: a evolução da interdependência em Kalunborg. **Journal of Industrial Ecology**. 67-79. 1997

EXPEDITO, J.S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Salvador: Rede Baiana de Biocombustíveis, 2003. Dasari et al., 2005

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014a). **Fishery and aquaculture statistics 2014**. Roma: FAO yearbook.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014b). **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Roma. 223 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

FDA. Food and Drug Administration. **Code of Federal Regulations**, 21CFR582.1320, título 21, v. 6 2014.

FELIZARDO, P.; CORREIA, M.J.N.; RAPOSO, I. et al. Production of biodiesel from waste frying oils. **Waste Management**, v.26, n.5, p.487-494, 2006.

FIGUEIREDO JUNIOR, Carlos Alberto; VALENTE JUNIOR, Airton Saboya. **Cultivos de tilápia no Brasil: Origens e cenário atual**. 2008. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2018.

FIGUEIREDO, A.. **Produção agropecuária x Sustentabilidade**. 2011. Sistema Nacional de Agricultura. Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/producao-agropecuaria-x-sustentabilidade/>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "O que é sustentabilidade?"; **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-sustentabilidade.htm>>. Acesso em 27 de outubro de 2018.

GEIGER, E., 1962. Fish protein-nutritive aspects In: BORGSTROM, G. ed. - Fish as food, New York, Academic Press, v.2, p. 32, 35, 37-8.

GOMES, M. A. ; GONTIJO,L.C. ; NEVES, S. F. P. **Extração de óleo de tilápia (*Oreochromis Niloticus*) e avaliação físico-química da fração lipídica**. In: V Congresso Latino Americano e XI Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos, 2011, Salvador. V Congresso Latino Americano E XI Congresso Brasileiro de Higienistas De Alimentos, 2011.

GONÇALVES, A. A. (Org.) (2011). **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu.

HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; SPINELLI, J. The nutritional properties of codried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 38, p. 35-44, 1984

HASSAN E. BARBARY M., e SHUKRY N., 2008, Polyhydric alcohol liquefaction of some lignocellulosic agricultural residues. **Industrial Crops and Products**, 27(1), 33–38.

HAGOPIAN, K.; RAMSEY, J.J.; WEINDRUCH, R. 2008 Enzymes of glycerol and glyceraldehyde metabolism in mouse liver: effects of caloric restriction and age on activities. **Bioscience Reports**, 28(2): 107–115.

HERA AMBIENTE (Italia). **Il Mestiere di Trattare i Rifiuti**. Firenze, 2012.

HOOGWJK, M. et al. **Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy**. *Biomass and Bionergy*. V.25, n.2. p.119-133. 2003

HISANO, Hamilton; ISHIKAWA, Márcia Mayumi; PORTZ, Leandro. Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 3, n. 13, p.872-879, Não é um mês valido!/Não é um mês valido! 2012. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/45508135.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

HORTA NOGUEIRA, L. A. et al. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. 1ª Edição. ed. Rio de Janeiro: coordenação BNDES e CGEE, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Polo de criação de peixes gera emprego e transforma vidas**. 2018. Disponível em: <agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20637>. Acesso em: 07 jan. 2019.

IGLESIAS, L.; PÉREZ, J.T.; LAZO de la VEGA y VALDEZ, J. Evaluación de diferentes niveles de inclusión de ensilado químico de pescado en dietas para *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras**, v.26, p.9-13, 2009.

JUHADA M.F., PARIDAH M.T., HILMI M.M., SARANI Z., JALALUDDIN H., MOHAMAD ZAKI A.R., 2010, Liquefaction of kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) core for wood laminating adhesive, **Bioresour Technol.** 101, 1355–1360.

JAYASINGHE, P. HAWBOLDT, K. Biofuels from fish processing plant effluents – waste characterization and oil extraction and quality. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v.4, p. 36-44, 2013.

KREBS, H.A.; NOTTON, B.M.; HEMS, R. Gluconeogenesis in mouse-liver slices. **Biochemistry Journal**, v.101, p.607-617, 1966. 11

KREBS, H.A.; LUND, P. Formation of glucose from hexoses, pentoses, polyols and related substances in kidney cortex. **Biochemistry Journal**, v.98, p.210-214, 1996.

KUBITZA, F. 2003. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. 1ª. Ed. Jundiá.

KUBITZA, F. **Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios**. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 25, n. 150, jul./ago. 2015.

LEE J.-H. et al., 2016, Crude glycerol-mediated liquefaction of empty fruit bunches saccharification residues for preparation of biopolyurethane. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 34, (2016), p. 157– 164.

LEMO, D. E. L. **Aquicultura**. 2018. Instituto Oceanográfico. Disponível em: <<http://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/25-portugues/publicacoes/series-divulgacao/recursos-marinhos/810-aquicultura>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

LEITE, V. D.; POVINELLI, J. Comportamento dos sólidos totais no processo de biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 229-232, 1999.

LESSI, F., 1965. **Aspectos químico-bromatológicos do corimbatá (*Prochilodus scrofa*)**. Araraquara, 44 p. Tese (doutoramento), F.F.O.

LIN, E.C.C. 1977 Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, 46: 765-795.

LOBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Quím. Nova. 2009, v.32, n.6, p. 1596-1608.

MAITY, S. K. **Opportunities, recent trends, and challenges of integrated biorefinery: Part I**. Renewable Sustainable Energy Rev., p. 1–19, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.092>>.

MARTINS, Gislaine Iastiaque. **Potencial de extração de óleo de peixe para produção de biodiesel**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Unioeste, Cascavel- Pr, 2012.

MELO, M. A. R. **Monitoramento da Estabilidade Oxidativa no armazenamento de Biodiesel Metílico de Soja/Mamona e Blendas em Recipientes de Vidro**. Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, Dissertação de Mestrado, 2009.

MENEGHETTI, S. M. P; MENEGHETTI, M. R.; BRITO, Y. C.. A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, Maceió, v. 5, n. 1, p.63-73, jan. 2013

MEURER, P.; HAYSHI,C.;SOARES,C.M;BOSCOLO,W.R. **Utilização de levedura spray dried na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*)**. Acta Scietiarum, Maringá, v.22, n.2, p.479-484, june 2000.

MEURER, F.;HAYASHI,C.; BOSCOLO, W.R. **Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32,n 6, p 1801-1809, 2003. Suplemento 2.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. 2004. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16,. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

MORAIS M.M.; PINTO, L.A.A.; ORTIZ, S.C.A.; CREXI, V.T.; SILVA R.L.; SILVA, J.D. **Estudo do processo de refino do óleo de pescado**. Revista Instituto Adolfo Lutz, 2001, 60, p. 23-33.

MOSIEWICKI, M. A.; ARANGUREN, M. I. A short review on novel biocomposites based on plant oil precursors. **European Polymer Journal**, v. 49, n. 6, p. 1243-1256, 2013. _

NOGUEIRA, A. C. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Salvador: SEBRAE, 2008.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Propriedades do carvão vegetal. In: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Ed.). **Carvão vegetal: destilação, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 39-61. (Série de Publicações Técnicas, 6).

OLIVEIRA, Andrea. **Criação de tilápias: Um negócio rentável e promissor**. 2000. Disponível em: <www.cpt.com.br/cursos-criacaodepeixes>. Acesso em: 02 jan. 2019.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no Semi-Árido Nordestino**. 2003. 122f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Energy policy**. v.31, p. 1481-1491, 2003.

OLIVEIRA, Marinez Moraes de et al. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do nilo oliveira, m. m. de et al. (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico - análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Cienc. Agrotec**, Lavras, v. 6, n. 30, p.1218-1223, Não é um mês válido! 2006. Bimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cagro/v30n6/a27v30n6.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTA, M.E.S.G.; PIMENTA, C.J.; CAMARGO, A.C.S.; FIORINI, J.E.; LOGATO, P.V.R. Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1196-1204, 2006 a.

OLIVEIRA, Hamilton Hermes de. **Razão entre Omega-3/Omega 6, AGPI/AGS e caracterização físico-química do óleo de Colossoma Macroponum (tambaqui) cultivados no estado de Roraima**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2008. Disponível em: <http://www.bdt.d.ufrr.br/tde_arquivos/4/TDE-2009-06-24T094623Z-15/Publico/HamiltonHermesOliveira.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2018.

OLSEN, R. L.; HASAN, M. R. A limited supply of fishmeal: impact on future increases in global aquaculture production. **Trends in Food Science & Technology**, Kidlington, v. 27, n. 2, p. 120-128, 2012.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTU, J.R.; e SOTO,D. **Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil**. – Curitiba, 2007.

PALENZUELA-ROLLON, A. **Anaerobic digestion of fish processing wastewater with special emphasis on hydrolysis of suspended solids**. Wageningen tructural, Hydraulic and Environmental Engineering.. april 1999.

PAUZI, N. N. P. N. *et al.* Development of rigid bio-based polyurethane foam reinforced with nanoclay. **Composites Engineering**, v. 67, n.1, p. 521-526, 2014. _

PECK, P.; BENNETT, S. J.; BISSETT-AMESS, R.; LENHART, J.; MOZAFFARIAN, H. **Examining understanding, acceptance, and support for the biorefinery concept among EU policy-makers**. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 3, p. 361–383, 2009.

PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Óleo de Pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo. p.608. 2011.

POLIÓIS: Capítulo 1. Capítulo 1. 200?. Disponível em: <<https://www.poliuretanos.com.br/Cap1/14PPGs.htm>>. Acesso em: 02 jan. 19.

RAFIQUL I., LUGANG B., YAN Y., e Li T., 2000, Study on co-liquefaction of coal and bagasse by Factorial Experiment Design Method. **Fuel Processing Technology**, 68(1), 3–12.

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

RAMBO M. K. D., SCHMIDT F. L., & FERREIRA M. M., C.2015, **Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities**. *Talanta*, 144, 696–703.

RENTIZELAS, A. A.; TOLIS, A. I.; TATSIPOULOS, I. P. Combined municipal solid waste and biomass system optimization for district energy applications. **Waste Management**. v.34,p.36-48, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.026>

ROBERGS e GRIFFIN, 1998 ROBERGS, R.A.; GRIFFIN, S.E. 1998 Glycerol: biochemistry, pharmakokinetics and clinical and practical applications. **Sports Medicine** 26 (3): 145-167.

ROUBACH, R. et al. **Aquaculture planning, development in Brazilian federal waters**. *Global Aquaculture Advocate*, July/Aug. 2015.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. 2017. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

SILVA, Fredson Vieira e et al. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Monte Claros, v. 8, n. 38, p.1407-1412, Não é um mês valido! 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n8/03.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

SOETHE, Geovan Carlos. **Aproveitamento da massa visceral da tilápia (Oreochromis niloticus) para produção de biogás**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Centro de Ciencias Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Maringá, 2014.

SOBER, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais eletrônicos**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: www.sober.org.br.

STORCK BIODIESEL. O que é o biodiesel? Curitiba. Maio 2008. Disponível em: <http://www.storck.com.br/index-destques2.htm>. Acesso em: 07 jan. 2018.

SILVA, C.L.S. da. **Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte**. 2010. 81f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2010.

SILVA, R Ferreira e; SANTOS, e dos. **Óleo de peixe como matéria-prima de co-produto**. 2014. ISBN 978-85-85905-21-7. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/5/11924-24965.html>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

SANTOS, V.B. et al. Rendimento do Processamento de linhagens de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. **Ciencia e Agrotecnologia**, v.31, n.2, p. 554-663, 2015.

SILVERSTEIN RM, BASSLER GC, MORRILL T. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. New York: Wiley; 1991.

TOSETTO, M. G.; ANDRIETTA, S. R. Cinética de produção de glicerol em processo de fermentação alcoólica utilizando diferentes matérias primas industriais. In: Simpósio Nacional De Fermentações, 14, 2003, Florianópolis. **Anais**. CDROM, 2003.

THURSTON, C.E., 1962. **Physical characteristics and chemical composition of two subspecies of lake trout**. J. Fish. Res. Bd. Canada, Ottawa, 19: 39-44.

UNIVERSIDADE DE AÇORES. Laboratório de Ambiente Marinho e Tecnologia. **Energias Renováveis–Biocombustíveis**, 2008. Disponível em: www.lamtec-id.com/energias/biocombustiveis.php. Acesso em 29 de set. 2018.

VALENTE, Beatriz Simões et al. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim - Instituto de Pesca**, Pelotas, v. 1, n. 40, p.95-103, 30 jun. 2013. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/40_1_95-103.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2019.

VEIGA, J. E. da. **A emergência socioambiental**. São Paulo: Senac, 2007

VIANA, J. P. **Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão e sugestões para o futuro**. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília, n. 7, p. 45-59, 2013.

VITAL, B. R.; JESUS, R. M.; VALENTE, O. F. Efeito da constituição química e da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* na produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.2, p. 151-160, 1986.

VIDOTTI, R. M.; BORINI, M. S. M. **Aparas da filetagem da tilápia se transformam em polpa condimentada**. Panorama da Aquicultura, Laranjeiras, v. 16, n. 96, p. 38-41, 2006

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal**. 2006. Disponível em:<ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf>. Acesso em: 2 maio 2010.

WELLS, P.; ZAPATA, C. Renewable Eco-Industrial Development. A new frontier for Industrial Ecology? **Journal of Industrial Ecology**. V.16, n.15, p.655-669. 2012

Wells, Pete and Zapata, Clóvis, Renewable Eco-Industrial Development (October 2012). **Journal of Industrial Ecology**, Vol. 16, Issue 5, pp. 665-668, 2012.

ZHANG, Q.; LIU, C.; SUN, Z.; HU, X.; SHEN, Q.; WU, J. Autenticação de óleos vegetais comestíveis adulterados com óleo de fritura usado por Espectroscopia por Infravermelho com Transformada de Fourier. **Química dos Alimentos**, n.132, p.1607-1613, 2012.