



INSTITUTO FEDERAL
MINAS GERAIS
Campus Bambuí

MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL

ELDER MAGNO GAVA FERRÃO

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA COM OS
CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Bambuí
2018

ELDER MAGNO GAVA FERRÃO

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA COM OS
CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Linha de Pesquisa: Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Neimar de Freitas Duarte

Coorientadora: Prof^a. Dra. Jacqueline Aparecida
Takahashi



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS

Avenida Professor Mário Werneck, nº. 2590, Bairro Buritis, Belo Horizonte, CEP 30575-180,
Estado de Minas Gerais



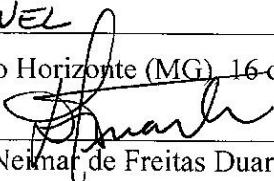
FICHA DE APROVAÇÃO

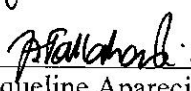
Dissertação de Mestrado, intitulada **“PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA, EM SINTONIA COM OS CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E QUÍMICA VERDE”**, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Elder Magno Gava Ferrão**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 16/05/2018, com a média de pontuação de 81,50.

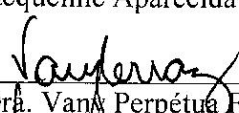
Título do Trabalho – houve alteração (X) Sim () Não


Se sim, qual o título PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA COM OS CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

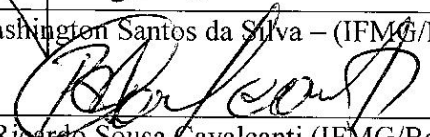
Belo Horizonte (MG), 16 de maio de 2018.


Prof. Dr. Nelmar de Freitas Duarte (IFMG/Santa Luzia)


Prof.ª Dra. Jacqueline Aparecida Takahashi (UFMG)


Prof.ª Dra. Vany Perpétua Ferraz (UFMG)


Prof. Dr. Washington Santos da Silva – (IFMG/Formiga)


Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (IFMG/Bambuí)
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental
do IFMG – Campus Bambuí

F372p Ferrão, Elder Magno Gava.
Produção de biodiesel usando óleo residual de fritura com os conceitos de desenvolvimento sustentável. / Elder Magno Gava Ferrão. – 2018.
138 f.: il.; color.

Orientador: Dr. Neimar de Freitas Duarte.
Dissertação de mestrado (Pós-graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2018.

1. Metanólise alcalina. 2. Transesterificação. 3. Sustentabilidade ambiental. I. Duarte, Neimar de Freitas. II. Título.

CDD 662.669

Aos meus pais, Antônio Ferrão Sobrinho e Maria Tereza Gava Ferrão (*in memoriam*) que sempre me incentivaram ao estudo, tendo deixado como frase marcante, guardada no fundo de minha alma, como princípio de conhecimento: “A maior herança que um pai pode deixar para seus filhos é o estudo.”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter abençoado todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Ao Professor Dr. Neimar de Freitas Duarte por aceitar o desafio de me orientar, conduzindo-me a um enriquecimento na forma de pesquisar e expressar os resultados em uma linguagem científica, corrigindo-me e norteando-me na condução dessa dissertação.

À Professora Dra. Jacqueline Aparecida Takahashi pela forma simples, equilibrada, segura e paciente que me reintroduziu no mundo experimental, apoiando-me, corrigindo-me, orientando-me e sugerindo caminhos a serem trilhados.

Aos meus pais, Antônio e Maria Teresa, formadores de meus princípios religiosos, base de toda minha formação moral.

Aos meus filhos, Ana Carolina e Vinícius, fontes de renovação da vida, do afeto e do amor incondicional, companheiros na ausência e parceiros na presença e que aprenderam a aceitar-me com meus erros e respeitar minha forma de amá-los no silêncio da alma, do coração e das palavras.

À minha esposa, Eliesse, que por tua fé conduz-me junto aos ensinamentos de Cristo, motivando-me e aconselhando-me a trilhar pelo caminho que leva à salvação. O seu amor é a sustentação de minhas lutas, permitindo-me superar os obstáculos que a vida nos impõe.

Aos meus netos, Pietro e Anita, que em suas inocências demonstram o mais puro dos amores, capaz de superar as diferenças e acreditar em um mundo de cordialidade e harmonia.

Aos meus enteados, Felipe e Ítalo, por ter-me concedido a permissão de namorar e casar com sua mãe e reviver a paternidade compartilhada, permitindo sentir-me pai de novo.

Aos meus irmãos, Antônio, Romário, Maria, José, Cássia, Aparecida, Eliene e Sheila, por todas as “brigas” que trilhamos juntos, com muito amor, em prol de uma família unida que carrega os mais sagrados ensinamentos de nossos pais.

À minha Irmã, Maria Amélia, pelo incentivo durante o mestrado e persistência em ler e ajudar-me nas correções dessa dissertação.

Ao meu genro, Ramon, e minha nora, Daliam, pela forma carinhosa que me tratam e sobre tudo, por todo amor demonstrado aos meus filhos, fontes de minhas lutas.

Aos meus sobrinhos que sempre me encaminharam palavras de apoio, em especial ao Lindomar por ajudar-me na realização dos trabalhos em estatística e aos irmãos Bruno e Gustavo por acolher-me em Belo Horizonte durante os experimentos na UFMG.

Aos meus colegas de mestrados por me ajudarem nos momentos de incertezas quanto à condução dos estudos, principalmente nas normas quanto às metodologias científicas.

Ao IFMG Campus Bambuí e Congonhas por conceder-me afastamento para dedicar-me ao estudo desse mestrado.

Aos meus professores, desde à pré-escola até a conclusão desse mestrado, que demonstraram quão digna é a árdua missão de transformar menino em homem, pela arte da educação.

À UFMG por ter me concedido o uso de seus espaços físicos, laboratórios e permitido a realização das análises dos resultados experimentais desenvolvidos.

À Prof^a. Dra. Vany Perpétua Ferraz´ pelas análises feitas no laboratório de Cromatografia da UFMG, dedicando tempo para explicar-me seus resultados e propondo novas alternativas de estudo.

Aos colegas do LaBB pela cordialidade com que me trataram durante esse período na UFMG, em especial à Laura, Marília e “Geises” que sempre foram muito prestativas e incentivadoras no acompanhamento de meus experimentos.

Aos meus alunos que, durante esses mais de 30 anos como professor, foram fontes de inspiração na árdua missão de encontrar a melhor didática de transmissão do conhecimento. No palco “sala de aula”, todos têm um pouco de aprendiz e mestre, pois a arte de ensinar e aprender convivem juntas.

“Um dia você aprende que, depois de algum tempo você descobre a diferença, a sutil diferença, entre dar a mão e acorrentar uma alma. E você aprende que amar não significa apoiar-se e que companhia nem sempre significa segurança. E começa a aprender que beijos não são contratos e presentes não são promessas. E começa a aceitar suas derrotas com a cabeça erguida e olhos adiante, com a graça de um adulto e não com a tristeza de uma criança. Aprende que com a mesma severidade com que julga, você será em algum momento condenado. Aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás. E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida”.

(William Shakespeare)

RESUMO

O presente trabalho buscou estudar a produção de biodiesel pela metanólise alcalina, usando como matéria prima óleo de soja e óleo residual de fritura, além de fazer levantamento de dados que permitiu a avaliação da viabilidade de implantação de uma miniusina de biodiesel no município de Ubá-MG. A metanólise alcalina foi realizada variando a matéria prima, o catalisador, a temperatura e a razão molar óleo-álcool. As matérias primas foram usadas em presença dos catalisadores hidróxidos de sódio e potássio, com emprego de temperaturas ambiente (20-25⁰C) e industriais (45-60⁰C) nas proporções de óleo: álcool de 1:4 e 1:8 em quantidade de matéria. A conversão dos triglicerídeos em ésteres metílicos foi determinada pela técnica de cromatografia gasosa equipada com detector de ionização de chamas (GC-FID) e os resultados foram comparados quanto à densidade, percentual de éster metílico e rendimento, além de ser testado metodologia de purificação da fase glicérica. Para o levantamento de dados foram elaborados dois questionários, um para a população em geral e outro para os comerciantes da área de alimento. Esses estudos associados a levantamentos de dados junto ao IBGE foram usados para determinar a viabilidade de implantação de miniusina de biodiesel. Os resultados obtidos nos experimentos laboratoriais permitiram um comparativo entre as variáveis usadas e das mesmas com dados coletados junto à literatura. Os melhores resultados foram obtidos usando óleo de soja comercial, na proporção de 1:8, com catalisador KOH e a 45⁰C. O uso de óleo residual de fritura em substituição ao óleo de soja produziu biodiesel com porcentagem de éster e rendimentos satisfatórios nas condições industriais, mas em condições ambientes houve a produção de biodiesel com menores percentual de éster e rendimento. Quanto aos resultados dos questionários verificou-se que apenas 30,7% da população destinam o resíduo à reciclagem e no comércio esse índice é de 57,1%. O estudo da viabilidade de implantação de indústria de biodiesel demonstrou que o município tem potencial para gerar óleo residual de fritura suficiente, mas é necessário um trabalho de conscientização ambiental junto ao comércio e, principalmente, da população visando o recolhimento e destinação adequado dos resíduos de fritura.

Palavras-chave: Metanólise alcalina. Transesterificação. Sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT

The present study sought to study the production of biodiesel by alkaline methanolysis, using soy oil as raw material and residual oil of frying, in addition to data collection that allowed the evaluation of the viability of deployment of a biodiesel industry in the municipality of Ubá-M.G. The alkaline methanolysis was accomplished by varying the raw material, the catalyst temperature and molar ratio oil-alcohol. The raw materials were used in the presence of sodium and potassium hydroxides catalysts, with use of ambient temperatures (20⁰C -25⁰C) and industrial (45⁰C) in the proportion of oil: 1:4 alcohol and 1:8. The conversion of triglycerides into methyl esters was determined by gas chromatography, coupled to mass spectrometry (GC-FID) and the results were compared with respect yield and to density, and methyl ester %. Glycerol phase purification methodology was tested. For data collection were prepared two questionnaires, one for the general population and another for traders in the area of food. These studies associated with data surveys in conjunction with the IBGE were used to determine the viability deployment of biodiesel mini industry. The results obtained in laboratory experiments had allowed a comparison between the variables used and the data collected by the literature. The best results were obtained using commercial soybean oil, at the rate of 1:8, with catalyst KOH and the 45° C. The use of residual frying oil instead of soybean oil had produced biodiesel with ether % and satisfactory yields in the industry conditions, but in ambient conditions there was the production of biodiesel with less ether and yields. The results of the questionnaires found out that only 30,7% of the population offer the residue for recycling and in trading this relationship is 57.1%. The study of the viability of deployment of the biodiesel industry has shown that the municipality has the potential to generate enough residual oil frying, but it is needed an environmental awareness to trade and, mainly of the population aiming at the recoil and suitable destination of waste frying.

Keywords: Alkaline methanolysis. Transesterification. Environmental sustainability.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Fluxograma do BEN.....	18
Figura 2 - Gráfico ilustrativo do BEN no período de 1940 a 2016.	19
Figura 3 - Evolução da produção Brasileira de Petróleo e da dependência externa do produto no período de 1974 a 2016.....	22
Figura 4- Geração de energia elétrica total no Brasil, renováveis (cor verde) e não renováveis (com marrom), período de 1970 a 2014.	22
Figura 5 - Ilustração da Matriz Elétrica Brasileira.	23
Figura 6 - Produção de Biocombustível por País/região.....	25
Figura 7 - Tipos de produção mundial de biocombustível.....	25
Figura 8 - Cronograma de adição de biodiesel ao diesel no Brasil	27
Figura 9 - Evolução anual brasileira da produção de biodiesel.	28
Figura 10 - Mapa das Plantas de Biodiesel autorizadas para operação- jan. /2018.....	29
Figura 11 - Matérias primas usadas na produção de biodiesel.	30
Figura 12 - Esquema de reação de transesterificação: Matéria prima, reagentes e catalisadores e produtos.....	31
Figura 13 - Equação geral da Transesterificação de triglicerídeos.	31
Figura 14 - Esquema de uma planta piloto para produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura, mostrando as etapas de pré-tratamento da matéria-prima, das reações e purificação.	32
Figura 15 - Área de cultivo das oleaginosas para produção de biodiesel comparadas aos outros setores produtivos do Brasil.	34
Figura 16 - Fluxograma das matérias primas usadas na produção de biodiesel.	35
Figura 17 - Mecanismo da Transesterificação por catálise Alcalina.	42
Figura 18 - Mecanismo da Transesterificação por catálise ácida.	43
Figura 19 - Mecanismo de esterificação enzimática com etanol.	44
Figura 20 - Fotografia da Transesterificação do óleo de soja.....	50
Figura 21 - Fotografia da decantação das fases dos produtos obtidos.	50
Figura 22 - Fotografia do resíduo da lavagem	51
Figura 23 - Fotografia da lavagem do biodiesel.....	51
Figura 24 - Fotografia do filtrado final intitulado “biodiesel”.	52
Figura 25 - Fotografia comparativa entre OSL à esquerda e ORFFV à direita.	53
Figura 26 - Neutralização dos sabões presentes na fase glicérica.....	55
Figura 27 - Neutralização dos glicerato presentes na fase glicérica.....	55
Figura 28 - Fotografia após a neutralização com ácido fosfórico.....	56

Figura 29- Fotografia da filtração a vácuo após reação de hidrólise.....	56
Figura 30 - Fotografia da decantação dos ácidos graxos e fase glicérica.	56
Figura 31 - Solução esverdeada para análise pelo UV-vis.	58
Figura 32 - Equação de oxidação do glicerol por periodato.	58
Figura 33 - Equação de formação da 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina.....	58
Figura 34 - Mapa da Mesorregião Zona da Mata Mineira.....	59
Figura 35 - Mapa da microrregião de Ubá inserida na Mesorregião Zona da Mata.	60
Figura 36 - Mapa dos Municípios que compõem a microrregião de Ubá, M.G.	60
Figura 37 - Veículo usado para coleta do óleo residual de fritura.....	63
Figura 38 - Cromatograma da amostra EF 09V Vf	68
Figura 39 - Curva de calibração do glicerol.....	77
Figura 40 - Esquema de preparação da alíquota para análise no UV-vis	78
Figura 41 - Gráfico do resultado percentual do destino dado ao ORF nas residências pesquisadas.	81
Figura 42 - Gráfico sobre o conhecimento dos impactos ambientais das residências.....	82
Figura 43 - Gráfico do destino dado ao óleo residual de fritura pelos comerciantes.	83
Figura 44 - Gráfico sobre os conhecimentos dos impactos ambientais pelos comerciantes.....	83
Figura 45 - Panfleto de divulgação da despoluição do Rio Ubá- PMU	85
Figura 46 - Miniusina para produção de 1 m ³ biodiesel por dia, em turnos de 8 h.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Oferta interna de energia no Brasil nos anos de 2015/2016	20
Tabela 2 - Comparativo da oferta interna de energia no Brasil.....	20
Tabela 3 - Origem e capacidade de produção da matriz elétrica.....	24
Tabela 4 - Principais Países investidores de fontes renováveis no mundo-ano de 2015.....	26
Tabela 5 - Percentual das matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel por região brasileira- fevereiro/ 2017.	30
Tabela 6 - Classificação dos óleos de frituras coletados, conforme grau e deterioração.	37
Tabela 7 - Vantagens das rotas metílicas e etílicas.	39
Tabela 8 - Desvantagens das rotas metílicas e etílicas.	40
Tabela 9 - Comparativo entre catálise química e enzimática - Vantagens e desvantagens.....	40
Tabela 10 - Catálises químicas na produção de biodiesel- vantagens e desvantagens.....	41
Tabela 11 - Planejamento dos experimentos laboratoriais.	49
Tabela 12 - Listagem das atividades na área alimentícia em Ubá.....	62
Tabela 13 - Resultados de densidades, índice de acidez e % de acidez dos óleos.	64
Tabela 14 - Regulamentação técnica estabelecida pela ANVISA.....	64
Tabela 15 – Perfil dos ácidos graxos que compõem os triacilgliceróis dos óleos.....	66
Tabela 16 - Determinação das massas molares médias dos óleos.	66
Tabela 17 - Teor de éster metílico na amostra de biodiesel EF 09V Vf.....	68
Tabela 18 - Resultados dos experimentos com os maiores resultados em % de ésteres.	69
Tabela 19 - Análise de variância (ANOVA) da % de Ester presente no óleo se soja Lisa na temperatura indústria.	70
Tabela 20 - Valores médios de % de Ester em função das proporções óleo: metanol	70
Tabela 21 - Valores médios de % de Ester em função dos catalisadores.....	71
Tabela 22 - Análise de variância (ANOVA) da % de Ester presente no biodiesel a partir de óleo residual de fritura (ORFFV).	71
Tabela 23 - Valores médios de % de Ester dos desdobramentos dos fatores Catalisadores e temperatura no fator proporção de 1:8.	72
Tabela 24 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores Catalisadores e temperatura na proporção de 1:4.	72
Tabela 25 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores proporção e temperatura no catalisador NaOH.	72

Tabela 26 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores proporção e temperatura no catalisador KOH.	73
Tabela 27 - Análise de variância (ANOVA) da % de éster presente nos biodieseis originados por OSL e ORFFV, na temperatura industrial.....	74
Tabela 28 - Valores médios de % de éster dos desdobramentos dos fatores óleos e proporção óleo: álcool.	74
Tabela 29 - Valores médios de % de éster dos desdobramentos dos fatores proporção e catalisador.....	75
Tabela 30 - Concentração, absorvância e curva de calibração do glicerol.....	77
Tabela 31 - Absorvâncias obtidas das amostras de glicerol pré-tratado.....	77
Tabela 32 - Absorvância das soluções após purificação com carvão ativado.	79
Tabela 33 - Resultado das porcentagens de glicerol na glicerina purificada.....	79
Tabela 34 - Absorvância das soluções purificadas na metodologia 3.	80
Tabela 35 - Custos de implantação de empresa de recolhimento de ORF.	87
Tabela 36 - Custo mensal de manutenção de empresa de coleta de ORF.	87
Tabela 37 - Retorno financeiro de empresa de recolhimento de ORF.	88
Tabela 38 - Demonstração de valores de compra do óleo residual de fritura e resultados esperados.	89
Tabela 39 - Índices de referências para uma projeção de produção de biodiesel.....	90
Tabela 40 - Valores de Investimentos.	90
Tabela 41 - Índices de referências aplicados à capacidade de produção mensal.	90
Tabela 42 - Despesas mensais para 16h/dia em dois turnos.....	90
Tabela 43 - Tabela de produção considerando rendimento de 85% em biodiesel e 15% em glicerina (rendimento ruim).....	91
Tabela 44 - Fluxo de resultados.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE -Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais.

AEI -Agência Internacional de Energia.

AIA-Avaliação dos Impactos Ambientais.

ANEEL -Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP-Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

BEM-Balanco Energético Nacional.

BNDES-Banco Nacional do Desenvolvimento

CEIB- Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel

CG-EM – Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria em Massas.

CONAMA-Conselho Nacional Do Meio Ambiente

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE- Empresa de Pesquisa Energética.

GEE- Gases do Efeito Estufa.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IRI- Índice de Riqueza Inclusiva.

IUPAC- International Union of Pure and Applied Chemistry

MEN-Matriz Energética Nacional.

MME-Ministério das Minas e Energia.

NBR- Norma Brasileira de Referência

OCDE -Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

ODM- Objetivos do Desenvolvimento do Milênio

OIE- Oferta Interna de Energia.

ONU- Organização das Nações Unidas.

ORFFV-Óleo Residual de Fritura Filtrado a Vácuo.

OSD- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

OSL - Óleo de Soja Lisa

PIB- Produto Interno Bruto

PNPB-Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNUMA- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PQV-Princípios da Química Verde.

RIMA-Relatório de Impactos Ambientais.

SIDRA-Sistema IBGE de Recuperação Automática.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo Geral	7
2.2. Objetivos Específicos	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. Desenvolvimento Sustentável.....	8
3.2. Química Verde (Sustentável)	11
3.3. Influência dos biocombustíveis na Matriz Energética brasileira e mundial.....	15
3.4. Biodiesel.....	26
3.4.1. Breve histórico e regulamentação no Brasil.....	26
3.4.2. Produção Nacional.....	28
3.4.3. O fenômeno químico: Reação de Transesterificação	31
3.4.3.1. Matérias primas.....	32
3.4.3.2. Óleo Residual de fritura.....	35
3.4.3.3. O álcool.....	38
3.4.3.4. Os catalisadores.	40
3.4.3.4.1. Mecanismo da Catálise Alcalina.	42
3.4.3.4.2. Mecanismo de Catálise Ácida.....	42
3.4.3.4.3. Mecanismo de Catálise enzimática.	43
3.4.4. Os resíduos	45
4. MATERIAIS E MÉTODOS	47
4.1. Pesquisa laboratorial.....	47
4.1.1. Reagentes, materiais e instrumentos.....	47
4.1.3. Metodologia de produção de biodiesel pela metanólise alcalina.	49
4.1.3.1. Metodologia 1 (adaptada de Geris et al.,2007).....	49
4.1.3.2. Metodologia 2.....	52

4.1.3.3. Metodologia 3.....	52
4.1.3.4. Metodologia 4.....	53
4.1.3.5. Metodologia 5.....	53
4.1.6. Purificação da fase glicérica	55
4.2. Pesquisa de campo.....	59
4.2.1. Região de estudo	59
4.2.2. Aplicação dos questionários.....	61
4.2.2.1. Questionário 1: Levantamento geral da população sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura (Anexo A).	61
4.2.2.2. Questionário 2: Levantamento junto ao comércio alimentício sobre descarte e aproveitamento do óleo residual de fritura (Anexo B).....	62
4.3. Estudo da viabilidade técnica e econômica de produção de biodiesel pela utilização de óleo residual de fritura recolhido na área de estudo.	63
5.1. Caracterização dos óleos.....	64
5.1.1. Densidade, índice de acidez e porcentagem de acidez.....	64
5.1.2. Perfil dos ácidos graxos dos óleos utilizados.	65
5.2. Obtenção de biodiesel.....	67
5.3. Análise estatística dos resultados	70
5.3.1. Porcentagem do éster presente no biodiesel obtido pelas metodologias 1 e 2.....	70
5.3.2. Porcentagem de éster obtido pelo uso das metodologias 3 a 5.....	71
5.3.3. Porcentagem de Éster obtido pela diferença entre os óleos na temperatura industrial.	73
5.4. Purificação da fase glicérica.	76
5.4.1. Construção da curva de calibração.....	77
5.4.2. Determinação do teor de glicerol na amostra pré-purificada.	77
5.4.3. Determinação do teor de glicerol nas amostras purificadas por carvão ativado....	79
5.5. Questionário de conhecimento geral da população sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura.....	80

5.6. Questionário do conhecimento do setor comercial sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura.....	82
5.7. Viabilidade da Implantação de miniusina de biodiesel.....	84
5.7.1. Parceria entre PMU e empresa privada.....	84
5.7.2. Miniusina de biodiesel de iniciativa privada.....	88
6. CONCLUSÕES.....	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
8. ANEXOS	110

1. INTRODUÇÃO

A análise do mundo atual remete a um estudo onde a química é frequentemente relacionada aos desastres ambientais e, muitas vezes, intencionalmente ou não, deixam de citar outras atividades humanas que exercem papel tão ou mais importante na degradação e poluição ambiental. Tratada como vilã em muitas situações criadas pelo homem, os membros de vários órgãos ligados à química e ao meio ambiente, no fim do século XX, desenvolveram ideias e difundiram atitudes que remetem aos aspectos que podem minimizar ou, até mesmo, erradicar certos conceitos e propuseram ações para implantar uma química dentro dos padrões de sustentabilidade do planeta. Essa química recebeu o nome de “Química Verde” ou “química sustentável” e, atualmente é definida pela IUPAC (International Union for Pure and Applied Chemistry) como: “Invenção, projeto e aplicação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso e geração de substâncias perigosas” (AYRES & AMARAL, 2016).

As ideias da “Química verde” têm uma relação direta com os conceitos de “desenvolvimento sustentável”, os quais se difundiram a partir da segunda metade do século XX. Embora o termo desenvolvimento se refira a um processo complexo de mudanças e transformações de ordem econômica, política e, principalmente, humana e social, foi atribuído na época, por muitos economistas, como um processo de mudança quantitativa de estrutura econômica e social, passando a ser atrelado ao crescimento econômico. Portela (2013) enfatiza que o termo “desenvolvimento sustentável” foi oficializado a partir do relatório Nosso Futuro Comum, desenvolvido pela Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão *Brundtland*), criado pela ONU em 1983, cujo teor foi apresentado em 1987 e publicado em 1991 (BRUNDTLAND, 1991), com a definição: “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias”.

A inter-relação entre os conceitos pode ser melhor visualizada na definição de Química Verde, dada pela União Europeia, onde é conhecida por “*Sustainable Chemistry*”: “O projeto de produtos para aplicações sustentáveis, e sua produção, mediante transformações químicas que sejam energeticamente favoráveis, minimizem ou preferencialmente eliminem a formação de resíduos e o uso de solventes e reagentes tóxicos ou perigosos e utilizem, sempre que possível, fontes de energia renováveis de matéria prima” (NUDELMAN, 2010). Ainda pode-se estreitar essa dependência conceitual ao tomar como base, no Brasil, o grupo de estudos e

pesquisa em química verde, sustentabilidade e educação, da Universidade Federal de São Carlos, cuja definição é dada como: “desenvolvimento e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente” (AYRES & AMARAL, 2016).

Aproximando ainda mais as inter-relações conceituais, evidenciando a necessidade de preservação ambiental, com progresso humano, rumo à sustentabilidade pode-se analisar o conceito de “Sustentabilidade Ambiental”, segundo Boff (2012), que é:

Toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a entender as necessidades da geração presente e das futuras de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução e co-evolução.

No Brasil, a preocupação com ações de cunho ambiental tomou maiores proporções a partir da segunda metade do século XX, ao introduzir na Matriz Energética Brasileira programas que usam fontes renováveis de energia em substituição ao petróleo e carvão, embora, em um primeiro momento, sufocada pela questão econômica, como a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), em 1975, onde o mundo vivenciava a famosa crise do petróleo. Em 2003, agora numa tentativa de alinhar a posição brasileira à dos países que lutam pelo desenvolvimento sustentável de nosso planeta, o Brasil cria a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG), que deu origem, em 2004, ao Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

. Segundo a ANP, esse programa tem o objetivo inicial de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. Os seus estudos indicam que, “atualmente o biodiesel já é uma realidade no País e garante ao Brasil uma posição destacada em relação ao resto do mundo. Juntos, etanol e biodiesel fortalecem a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional e a imagem do Brasil como país que valoriza a diversidade de fontes energéticas” (ANP).

O biodiesel pode ser obtido a partir de várias fontes de matéria prima, oriundas principalmente de plantas oleaginosas, onde o óleo reage com um álcool, na presença de um catalisador (reação Transesterificação). Dib (2010) destaca que a matéria prima mais abundante na produção de biodiesel é o óleo de soja, sendo que os óleos de mamona e palmas são alternativos, mas todas de alto custo. Para fazer frente ao óleo diesel do petróleo, as matérias primas devem apresentar, além de competitividade econômica, uma técnica de produção definida, disponibilidade e aceitabilidade ambiental. Em substituição ao óleo de soja foram testadas e implementadas indústrias que utilizam o óleo residual de fritura. Para reiterar a defesa

de seu uso como matéria prima, Castellaneli (2008) lista três vantagens: “a primeira, de cunho tecnológico, caracteriza-se pela dispensa do processo de extração do óleo; a segunda, de cunho econômico, caracteriza-se pelo custo da matéria-prima, pois por se tratar de um resíduo o óleo residual de fritura tem seu preço de mercado estabelecido; e a terceira, de cunho ambiental, caracteriza-se pela destinação adequada de um resíduo que, em geral, é descartado inadequadamente impactando o solo e o lençol freático e, conseqüentemente, a biota desses sistemas”.

Em todo mundo foram criadas regras, leis, normas e condutas para combater, minimizar e anular o vertiginoso crescimento dos impactos ambientais gerados pelas novas tecnologias. No Brasil, o CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE publicou a resolução CONAMA Nº 001/1986, onde estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, na qual, em seu art. 1º considera:

Impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população. As atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Essa resolução regulamentou os estudos sobre a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Em estudos anteriores à resolução, Moreira (1985) preconizava a necessidade de implementar a regulamentação da AIA com a finalidade de viabilização do uso dos recursos naturais e econômicos, dentro do processo de desenvolvimento, permitindo promover o conhecimento, a discussão e a análise imparcial dos impactos ambientais positivos e negativos de uma proposta, possibilitando tanto evitar como corrigir os danos e otimizar os benefícios. Fogliatti et al. (2004) cita várias ferramentas de avaliação de impactos ambientais que foram desenvolvidas, destacando a listagem de controle (“*checklist*”) proposta por Moreira (1985), que enumerava os fatores ambientais e os respectivos indicadores de impactos e destaca a matriz de Leopold (1971) ou Matriz de Correlação Causa x Efeito, como uma das precursoras dessa avaliação, enfatizando que vem sendo alterada e aperfeiçoada, com o propósito de melhor adequá-la aos objetivos do Estudo de Impacto Ambiental.

A implantação de empresas ou realização de obras que trazem impactos ambientais a uma região, segundo a Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017,

devem ser precedidas do EIA, além do Relatório de Impactos Ambientais (RIMA) para que suas atividades sejam liberadas. O EIA apresentará um diagnóstico ambiental da área, caracterizando a situação em que se encontra antes da implantação do projeto, considerando o meio físico (subsolo, clima, ar e água), o meio biológico e os ecossistemas existentes (fauna e flora) e o meio socioeconômico (ocupação do solo, uso da água, sítios e monumentos históricos, arqueológicos e culturais). Também deverá apresentar uma análise dos impactos ambientais do projeto, discriminando os aspectos positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos, médio ou longo prazo, temporários e permanentes e seu grau de reversibilidade. Quanto aos impactos negativos, propor medidas mitigadoras, além de elaborar programa de acompanhamento e monitoramento antes, durante e após implantação do projeto. O RIMA demonstrará as conclusões do EIA, de forma objetiva e adequada, em linguagem acessível de modo que se possa entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação.

A indústria do biodiesel envolve uma cadeia complexa de atividades, tendo impactos diretos nos três setores da economia do país, podendo destacar:

- No setor primário: Agricultura, pela necessidade de produção de oleaginosas (principalmente a soja) e a pecuária, pelo uso dos resíduos da indústria de abates de bovinos (sebo) e gordura de suínos;

- No setor secundário: Construção de complexos industriais voltados ao beneficiamento da matéria primas e implementação de pesquisas nas áreas tecnológicas que aprimoram maquinários e desenvolvem meios eficazes de produção do biodiesel e de aproveitamento, purificação e destinação adequada de seus resíduos;

- No setor terciário: Destacando-se as áreas de transporte pela necessidade de implantação de logística de escoamento das matérias primas e dos produtos industrializados, além de fomentar uma grande rede de serviços em diferentes áreas como informática, limpeza, bancárias, saúde, educação entre outras.

Nessa complexa rede de produção, segundo Severo & Olea (2010), as estratégias empresariais que se resumiam às questões econômicas, como competitividade, eficiência e lucratividade, passam a introduzir as preocupações e variáveis ambientais, tornando-as vital aos processos produtivos e tendo como consequência a necessidade de modificações de suas gestões e organizações, reorientando objetivos e metas visando a internalização das questões ambientais. Para Pimenta & Gouvinhas (2012), a produção mais limpa (P+L) surge como uma ferramenta favorável, levando à redução de custos, otimização de processos, recuperação e aprimoramento do uso de matérias primas e energia, levando a ganhos de produtividade a partir

de um controle ambiental preventivo. Essa ideia de uma metodologia P+L, quando incorporada ao desenvolvimento de produtos, traduz-se em ganhos sociais e ambientais, que para Naveiro et al. (2005), não é apenas um requisito de mercado, mas também uma necessidade do ponto de vista ambiental, sobretudo devido à necessidade de crescente produção diante da limitação de recursos e ainda acrescenta que a logística reversa reforça essa ideia ao agregar valores a um bem material inutilizado pelo consumidor, por meio de canais reversos de reuso, reciclagem e desmanche, até sua correta destinação final.

Toda essa contextualização foi o ponto de partida para a realização desse trabalho, onde se propõe a discutir a possibilidade da implantação de uma mini usina de produção de biodiesel em uma área urbana, usando os Princípios da Química Verde e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável como orientadores dos parâmetros a serem abordados. Nesse estudo, será abordado a substituição do óleo de soja industrializado pelo resíduo de óleo de fritura, amparado na percepção de que é possível transformar um impactante ambiental em uma fonte de energia renovável, com geração de melhorias sociais e econômicas além de ser um meio de propagação de conscientização da comunidade envolvida.

O maior obstáculo na comercialização do biodiesel, segundo Predojevic (2008), é o seu alto custo de produção comparado com o óleo diesel do petróleo. Esse alto custo é dependente, principalmente, do custo da matéria prima, que são na maioria das indústrias óleos vegetais (DEMIRBAS, 2009), sendo que Kiss et al. (2010) enfatiza que a compra do óleo vegetal virgem é responsável por mais de 70% do custo total da produção do biodiesel. De acordo com o estudo do IBP/COPPE/COPPEAD (2007), para o Brasil, 68% do custo total do biodiesel é voltado para a aquisição do óleo vegetal virgem, 3% é relativo ao transporte desse óleo e os restantes 29% são com a compra de insumos (álcool e catalisador), custos de produção de biodiesel (energia e mão-de-obra) e com impostos. Para contornar esse problema, uma opção é a utilização de rejeitos, sendo o mais viável o óleo de fritura (ZHANG et al. 2003). Esse óleo de origem doméstico ou comercial, tem dois destinos: (1) esgoto sanitário, causando a poluição da água e onerando seu tratamento e (2) reciclagem para empresas que o processará, transformando-o em sabão, biodiesel, ração animal e outros produtos. Estudos realizados por Guabiroba & D'Agosto (2009) determinaram que a redução dos custos de produção pelo uso de óleo residual de fritura em substituição ao óleo vegetal virgem pode chegar a 35%, dependendo da metodologia adotada na implementação da coleta e logística de transporte.

A implantação de uma mini usina de biodiesel usando óleo residual de fritura, em uma região urbana, mesmo em área industrial, é um desafio que traz inúmeras discussões sobre sua sustentabilidade, devido aos impactos ambientais tanto no aspecto negativo, pois gera resíduos

sólidos e líquidos que deverão ser tratados antes de seu reenvio ao meio ambiente, quanto no aspecto positivo ao retirar do meio ambiente um resíduo altamente poluente. A análise do aspecto Sócio-econômico-cultural, cria uma perspectiva de empregos diretos (na mini usina) e indiretos (nos pontos de coletas do óleo), de fomentação de cooperativas e de divulgação de uma educação ambiental, tornando o processo benéfico à coletividade e ainda permite uma melhora nas áreas de saúde ao diminuir as infestações de ratos e baratas, de estética ao diminuir o mau cheiro causado pela decomposição de matéria orgânica que ficam sobrenadando nas águas dos rios coletores dos resíduos. Além de criar um ambiente mais saudável, permite colocar a região em sintonia com as perspectivas de um mundo sustentável que tem entre seus princípios a diminuição de geração de resíduos e a utilização de fontes de energia renovável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estudar a produção de biodiesel pela via alcalina utilizando óleo residual de fritura em substituição ao óleo de soja e realizar levantamento de dados quantitativos que permitirão a avaliação da viabilidade técnica de implantação de uma miniusina de biodiesel no município de Ubá-MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a transformação do óleo residual de fritura em biodiesel, pela metanólise alcalina, usando as variáveis temperatura, catalisador e proporção óleo: álcool.
- Testar método de purificação da fase glicérica.
- Realizar levantamento do conhecimento que a população em geral e os comerciantes da área alimentícia do município de Ubá-MG tem sobre o descarte e utilização de óleo de fritura.
- Estimar junto ao comércio e a população de Ubá-MG o quantitativo do potencial de recolhimento do óleo residual de fritura.
- Apresentar uma perspectiva de implantação de uma miniusina de biodiesel na região em estudo, bem como os resultados sócio-econômico-ambiental esperados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Desenvolvimento Sustentável.

Segundo Zhouri, Pereira & Laschefski (2005), o crescimento econômico, promovido principalmente pelas revoluções industriais e tecnológicas, trouxe vários problemas de ordem ambiental decorrentes da exploração dos recursos naturais, tais como a destruição da camada de ozônio, intensificação do efeito estufa, contaminação de rios e mares, perda da biodiversidade e devastação de florestas. Esse cenário visualizado pelos ambientalistas fez com que na década de 1960 surgissem grandes debates nessa área, sendo que a partir da década de 1970, após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano (Estocolmo: Suécia-1972), a ONU criou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU-PNUMA). A conferência gerou uma declaração contendo sete (7) considerações sobre as relações do homem com o meio ambiente e vinte e seis (26) princípios invocando a preservação do meio ambiente e garantindo o sustento humano dessa e das gerações futuras. Destaca-se alguns trechos da declaração:

“...que essa declaração sirva para inspirar e guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano”,

...“Chegamos a um ponto na História em que devemos moldar nossas ações em todo o mundo, com maior atenção para as consequências ambientais. Através da ignorância ou da indiferença podemos causar danos maciços e irreversíveis ao meio ambiente, do qual nossa vida e bem-estar dependem. Por outro lado, através do maior conhecimento e de ações mais sábias, podemos conquistar uma vida melhor para nós e para a posteridade, com um meio ambiente em sintonia com as necessidades e esperanças humanas...”

“Defender e melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações se tornou uma meta fundamental para a humanidade.”

Em 1983, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, passou a ser dirigida por Gro Harlem Brundtland, que coordenou um trabalho que resultou no relatório *Nosso Futuro Comum*, que traz o conceito de desenvolvimento sustentável para o discurso público.

“O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.”

“Um mundo onde a pobreza e a desigualdade são endêmicas estará sempre propenso a crises ecológicas, entre outras...O desenvolvimento sustentável requer que as sociedades atendam às necessidades humanas tanto pelo aumento do potencial produtivo como pela garantia de oportunidades iguais para todos.”

“Muitos de nós vivemos além dos recursos ecológicos, por exemplo, em nossos padrões de consumo de energia... No mínimo, o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos.”

“Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas.”

(— do Relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”).

Ainda segundo Zhouri, Pereira e Laschefski (2005) a ideia de desenvolvimento sustentável considera necessário e possível compatibilizar o desenvolvimento econômico com as dimensões das desigualdades sociais e a preservação dos recursos naturais, desde que sejam implantadas uma série de medidas com vista ao direcionamento político e científico. É o que defende Alves (2001) ao citar o surgimento de movimentos ecológicos (*Greenpeace*), a formação de partidos verdes, o surgimento de estudos científicos respaldados pelo sensoriamento remoto e a popularização de conceitos complexos como os do efeito estufa, o buraco da camada de ozônio e o aquecimento global. Lopes (2012) afirma que outras conquistas importantes da Conferência de Estocolmo foram a entrada do tema ambiental nas discussões multilaterais e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que segundo a ONU tem por objetivos: Manutenção e monitoramento do meio ambiente global, o alerta às populações sobre ameaças ambientais e sugestões de medidas que impactem positivamente na sociedade sem comprometimento dos recursos naturais.

A consagração do conceito de desenvolvimento sustentável, segundo Gavard (2009) se deu na segunda Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO Rio-92, onde se destacou as negociações acerca das estratégias propostas pelo documento “Nosso Futuro Comum”, visando um consenso entre a ordenação do desenvolvimento sustentável quanto às questões do clima e da diversidade biológica. O termo se consolidou e em 2002, na ECO + 10, em Johannesburgo, onde foi reafirmado o compromisso das nações com o desenvolvimento sustentável em seus três principais patamares: econômico, social e ambiental (PAGLIARIN e TOLETINO, 2015). É importante destacar que entre essas duas conferências, em setembro de 2000, na sede das Nações Unidas, em Nova Iorque, a Cúpula do milênio se reuniu e lançou os “Objetivos do Desenvolvimento do Milênio” (ODM) contendo oito itens que deveriam ser alcançados até 2015 (PNUD, s.d.). A maioria deles voltados à erradicação da pobreza extrema, das doenças e da mortalidade infantil, dentro do contexto de

garantia dos direitos humanos e a igualdade de gêneros. Os dois últimos focam na garantia da sustentabilidade ambiental (ODM7) e no estabelecimento de Parceria Mundial para o Desenvolvimento (ODM8).

Em 2012, ocorreu no Rio de Janeiro a ECO +20, onde, segundo Guimarães e Fontoura (2012), os discursos mais relevantes da reunião foram os “da segurança alimentar; da insuficiência do Produto Interno Bruto (PIB) para medir a sustentabilidade do desenvolvimento; o da credibilidade científica; a economia verde; e, por fim, da importância do setor privado para o desenvolvimento sustentável”. Nessa conferência foi implementado o Índice de Riqueza Inclusiva (IRI), que segundo Pires (2012), considera: O capital humano o qual mensura o nível de educação e capacitação das pessoas; o capital produtivo que determina a capacidade industrial do país; o capital natural, responsável por dimensionar florestas, combustíveis fósseis, peixes, minerais e terras agrícolas dos países.

Face à essas importantes discussões, em 2015, na sede das Nações Unidas, baseado no ODM de 2002, foi aprovado novo documento, intitulado “Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, o qual enfatiza a criação de um plano de ações para a sociedade, focando no maior desafio do mundo, que consiste na eliminação da pobreza para o alcance do Desenvolvimento Sustentável (PNUD, 2016). As decisões tomadas orientam o curso global de ações para, além de erradicar a pobreza, também promover a prosperidade e o bem-estar para todos, fomentando meios de proteção ao meio ambiente para o enfrentamento das mudanças climáticas. Para isso, estabeleceu-se 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, mesclando de forma proporcional as questões econômicas, ambientais e sociais, quais são:

Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares

Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável

Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades

Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos

Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos

Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos

Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação

Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos

Objetivo 14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável

Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

O Brasil possui Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS), implantados e gerenciados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), desde 2002, onde estão disponibilizados indicadores que trazem informações da realidade do país, relativas às questões sociais, ambientais, econômicas e institucionais (IBGE, 2002). Em 2015, o IBGE publicou seu sexto relatório contendo 63 indicadores nas quatro dimensões consideradas em 2002. Segundo o IBGE, esses indicadores servem como subsídio para acompanhar o desenvolvimento do país, fornecendo informações da realidade brasileira, permitindo a elaboração de políticas públicas em prol da sustentabilidade.

Para alcançar o estágio de desenvolvimento sustentável, deve haver um pacto entre a sociedade civil, o poder público e privado. Grandes avanços já ocorreram desde o início das discussões, mas é importante ter em vista a manutenção dos indicadores de desenvolvimento já criados, e implantar novos medidores de qualidade socioambiental, para que os acordos firmados em prol da sustentabilidade sejam colocados em prática.

3.2. Química Verde (Sustentável)

A química é uma ciência que estuda a matéria e suas transformações, tendo seu desenvolvimento acentuado durante o século XX, onde o homem passou a entender com maior detalhamento os mecanismos de formação dos materiais e procurou desenvolver teorias que explicassem os fenômenos de suas transformações, tanto a nível micro quanto macroscópico. Muitas das descobertas no campo químico, ao serem aplicadas no cotidiano, trouxeram inovações que mudaram concepções, conceitos e teorias seculares em várias áreas, como saúde, agrícola, ambiental, industrial, entre outras. Esse desenvolvimento de novos materiais e técnicas de manipulação da matéria, embora tenha trazido uma melhoria na qualidade de vida, deixou

um legado de rejeitos que, inicialmente, não foi corretamente estudado, acarretando em um marketing negativo e induzindo à divulgação de que a química é uma ciência “do mal”, da destruição do meio ambiente, da poluição.

A inter-relação entre os chamados “desastres ambientais” e a atividade química fez com que cientistas dessa nobre ciência se mobilizassem no sentido de criar meios para difundir tecnologias limpas, com intuito de reduzir a emissão de resíduos e promover a remediação dos gerados, promovendo uma diminuição da velocidade de contaminação ambiental, pensando em uma química para o bem do meio ambiente. Esse novo pensar, de uma química limpa, relaciona-se ao conceito de Desenvolvimento Sustentável, onde se estabelece formas de manipulação e produção de materiais para suprir as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazerem suas próprias necessidades.

Segundo Lenardão et al. (2003), foi no início da década de 1990, que a questão de como os resíduos químicos devem ser tratados começou a ser estabelecida, tendo como marco inicial, quando a Agência Ambiental Americana, em 1991, lançou seu programa “Rotas Sintéticas alternativas para Prevenção de Poluição”. Em 1995, o governo dos EUA instituiu o programa de premiação “The Presidential Green Chemistry Challenge” (PGCC), com intuito de premiar inovações tecnológicas com diminuição de geração de resíduos nas indústrias. Em 1997 a IUPAC organizou sua primeira Conferência Internacional em “Green Chemistry”, em 2001 aprovou o Sub-Comitê Interdivisional de “Green Chemistry” e realizou um Workshop sobre educação em “Green Chemistry”. Esses programas, conferências e workshop evidenciavam a necessidade de se desenvolver tecnologias não poluentes e sustentáveis, o que levou a formulação do conceito de Química Verde ou Química Sustentável como sendo “a prática da química e a condução da produção de maneira sustentável, segura e não poluente, com consumo mínimo de materiais e energia, ao mesmo tempo em que pouco ou nenhum resíduo é gerado”.

Manahan (2013) descreve que sua fundamentação busca evitar substâncias com maior probabilidade de causar problemas ao meio ambiente como aquelas que são persistentes e, ou que apresentam grande tendência de bio-acumulação e/ou são tóxicas. Para tanto foram escritos os “12 Princípios da Química Verde”:

- 1.Prevenção:** evitar a formação de resíduos tóxicos.
- 2.Eficiência Atômica:** incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final.
- 3.Síntese Segura:** metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
- 4.Desenvolvimento de Produtos Seguros:** produtos que não causem danos ao ambiente

5. Uso de Solventes e Auxiliares Seguros: utilização de substâncias auxiliares inócuas ou facilmente reutilizáveis como solventes, agentes de purificação e secantes.

6. Busca pela Eficiência de Energia: desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes.

7. Uso de Fontes de Matéria-Prima Renováveis: uso de biomassa como matéria prima deve ser priorizado.

8. Evitar a Formação de Derivados: evitar processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula.

9. Catálise (Seletividade): em substituição aos reagentes estequiométricos.

10. Produtos Degradáveis: biocompatibilidade; não devem permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos.

11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição: possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração.

12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes: minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

A Química Verde é um ramo da química que valoriza a Sustentabilidade Ambiental, que segundo Souza (2013), abrange as dimensões: Social -baseada na distribuição igual ou desigual de renda; Ecológica -produz soluções ecológica e economicamente viáveis com o uso tecnológico de fontes de energia alternativas; Cultural valoriza a continuidade e tradição dos povos; Espacial Sugere um equilíbrio entre a população urbana e rural; Econômica -promove mudanças estruturais sem comprometer o meio ambiente natural. Para Vieira & Weber (2002), a dimensão mais importante para a Sustentabilidade Ambiental seria a Educação, onde no ensino das Ciências da Natureza, a química teria um papel primordial ao dar ênfase às substâncias desenvolvidas pela indústria relacionadas aos seus impactos ambientais.

As abordagens da química verde associada aos conceitos de sustentabilidade tem sido tema de discussões em diferentes áreas. Para Meirelles (2009), na indústria, a química verde é empregada para gerar materiais menos poluentes, recicláveis ou biodegradáveis, que causam menores impactos ambientais e contribuem com o equilíbrio do ecossistema como um todo; Silva et al. (2005) destacam que a química verde, baseada na prevenção à poluição, usa e gera estratégias e processos para produção de menor quantidade de materiais tóxicos, com menores riscos de produção e custos com os tratamentos dos resíduos, sendo essas ideais complementadas por Prado (2003) ao enfatizar que essa abordagem deve ser a regra básica da química para manter ou melhorar a qualidade de vida dos seres terrestres.

Na área educacional, a Química Verde é abordada disciplinarmente como Educação Ambiental, consolidada no Brasil pela promulgação da lei 9.795 de 27 de abril de 1999. Constitui-se uma importante ferramenta de divulgação dos seus conceitos vinculados ao Desenvolvimento Sustentável. Dias (2006) define que a Educação Ambiental se refere aos processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais,

conhecimentos, habilidades, atitudes e competências, voltadas para a conservação do meio ambiente, de uso comum do povo, essencial à boa qualidade de vida e a sustentabilidade.

Em 2014, o BNDES publicou um artigo baseado em pesquisa de campo, realizada por meio de questionários, intitulada “Química Verde na ótica dos agentes de mercado”. No trabalho, Cruz et al. (2014) destacam vários casos de aplicação dos conceitos da química verde na recente industrialização do Brasil, como por exemplo: A Natura, uma empresa de cosmético de capital nacional tem uma linha de produtos dedicada a “tecnologias verde” (Ekos). Esta é caracterizada por tecnologias que reduzam ao máximo o impacto sobre o meio ambiente, promovam o desenvolvimento sustentável das comunidades fornecedoras de matérias primas e garantam a melhor experiência sensorial do consumidor...é capaz de fornecer um produto 100% renovável da formulação à embalagem”. Cita também empresas na área de materiais de limpeza, como a Unilever e Procter & Gamble que vem fazendo parcerias com empresas químicas fornecedoras de matérias químicas para desenvolvimento de produtos de fontes renováveis. Na indústria automobilística, a Ford e Peugeot vem implementando uma política de utilização de materiais sustentáveis, como a substituição de óleos de origem fóssil por óleos sintéticos renováveis, fibras naturais e resinas termoplásticas renováveis.

Ainda sobre esse artigo, destacam-se as respostas de várias empresas pesquisada sonde na pergunta “Qual a sua visão sobre a tendência de participação de mercado de produtos com “conteúdo verde” (produtos considerados mais sustentáveis)?”, teve como resultado que 43% delas acreditam que o mercado é crescente a longo prazo, com ampla abrangência de substituição dos petroquímicos e 48,28% crescente no longo prazo, em nichos de mercado; Na pergunta “Qual das frases abaixo melhor expressa sua percepção em relação à química verde?”, 27,59% das resposta indicam que a substituição de produtos de origem fóssil é fundamental para a sustentabilidade do planeta, 24,14% descreveram que esse é um movimento que vem sendo adotado/discutido pelas empresas e 13,79% consideraram que esta é uma questão cada vez mais considerada pelos consumidores na hora da escolha do produto. Os resultados dos questionários mostram crescente tendência no mercado pela implementação de produtos de origem verde em função de um nicho de consumidores, cada vez maior, que os procuram.

A Química Verde é uma ferramenta poderosa na integração da química com um “futuro sustentável”, oferecendo oportunidades de tecnologias limpas, onde se vislumbra um meio ambiente menos poluído, com manutenção de sua diversidade, sem diminuir a qualidade de vida humana.

3.3. Influência dos biocombustíveis na Matriz Energética brasileira e mundial

Considera-se como Matriz Energética ao conjunto de recursos utilizados no suprimento energético de uma região ou país, para realização de seus processos produtivos. É a partir da análise dessa matriz que um governo pode planejar seu setor energético, garantindo a produção e o uso adequado de toda a energia disponível e verificando se os mesmos são aproveitados de forma racional. Segundo Marcoxia (2007), os recursos podem ser classificados, em primários e secundários. Os primários, não passam por processos de transformações, como petróleo, gás natural e carvão e, os secundários são os formados a partir de matéria prima oriunda de transformações, como gasolina, diesel, eletricidade, entre outras. Por outro lado, as fontes de energia são divididas em renováveis e não renováveis. As energias não renováveis são aquelas que se encontram na natureza em quantidades limitadas correndo o risco de se extinguirem com o tempo, como por exemplo, petróleo, carvão mineral, gás natural. As renováveis são aquelas que podem ser geradas continuamente e tendem a serem usadas próximas à sua origem, como por exemplo, a eólica, solar, geotérmica, maremotriz, hidráulica (hidrelétrica), das biomassas (biocombustíveis como etanol e biodiesel) e hidrogênio.

Os principais documentos gerados pela ONU (Organização das Nações Unidas), pelo BM (Banco Mundial), pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), pela AEI (Agência Internacional de Energia) entre outras instituições que analisam agendas de políticas pública no setor energético da atualidade, propõem a substituição das fontes de energia fóssil (não renováveis) pelas renováveis, tendo como principais parâmetros estudos prospectivos de cenários futuros para a oferta e demanda de energia que, normalmente, utilizam como base o chamado tripé estratégico do planejamento energético: (1) segurança energética, (2) desenvolvimento econômico e (3) proteção ambiental (energy security, economic development and environment protection). Em sua maioria, esses estudos recomendam o desenvolvimento e a implantação de políticas de diversificação de fontes de energia como estratégia para enfrentar a tendência geral de aumento do consumo do petróleo, do gás natural e do carvão mineral (COPEL, 2014).

Segundo Bajay (2006), o planejamento energético não termina com a elaboração de um plano de ações e respectivas metas de suprimento de energia, de economias de energia, de níveis de investimentos e outras. Constitui num arcabouço de ações contínuas ao longo do tempo, envolvendo todas as fases de implantação do plano e as inevitáveis correções e atualizações. Há também frequentes realimentações e consequentes ajustes entre os mecanismos de atuação a curto, médio e longo prazo. Deve-se usar nos planos a estimativa de aumento da população

mundial, da renda per capita e da necessidade de novas demandas de infraestruturas para atender o mercado. Como exemplo, tem-se o relatório lançado pela ONU em junho de 2017, sobre *Perspectivas da População Mundial – revisado em 2017*, que aponta uma população global estimada de 7,6 bilhões, sendo que em 2030 deve chegar a 8,6 bilhões, 2050 a 9,8 bilhões e no fim do século a 11,2 bilhões.

Paralelamente ao aumento populacional, estima-se duplicação da demanda de energia até 2050, conforme relatório intitulado “*Logístico Bottlenecks da World Energy Council (WEC, 2010)*. No documento é enfatizado que as fontes fósseis continuarão a ser o principal componente das matrizes energéticas, embora sublinhem que a biomassa, a energia eólica, a geotermia e o aproveitamento energético de resíduos se tornaram tecnologias economicamente viáveis.

Essa visão já era prevista por Barnwal e Sharma (2005) ao afirmar que os países em processo de desenvolvimento têm evidenciado uma disposição de disseminar sistemas de produção direcionados para os combustíveis renováveis, e por Sauer et al. (2006), ao prever que a demanda mundial por combustíveis renováveis deverá acelerar em um futuro próximo, devido à combinação dos fatores:

- a) necessidade de redução da dependência de derivados de petróleo nas matrizes energéticas nacionais e mundiais; b) incentivo à agricultura e às indústrias locais e; c) desenvolvimento de estratégias para a redução e/ ou limitação do volume de emissões de gases causadores do efeito estufa.

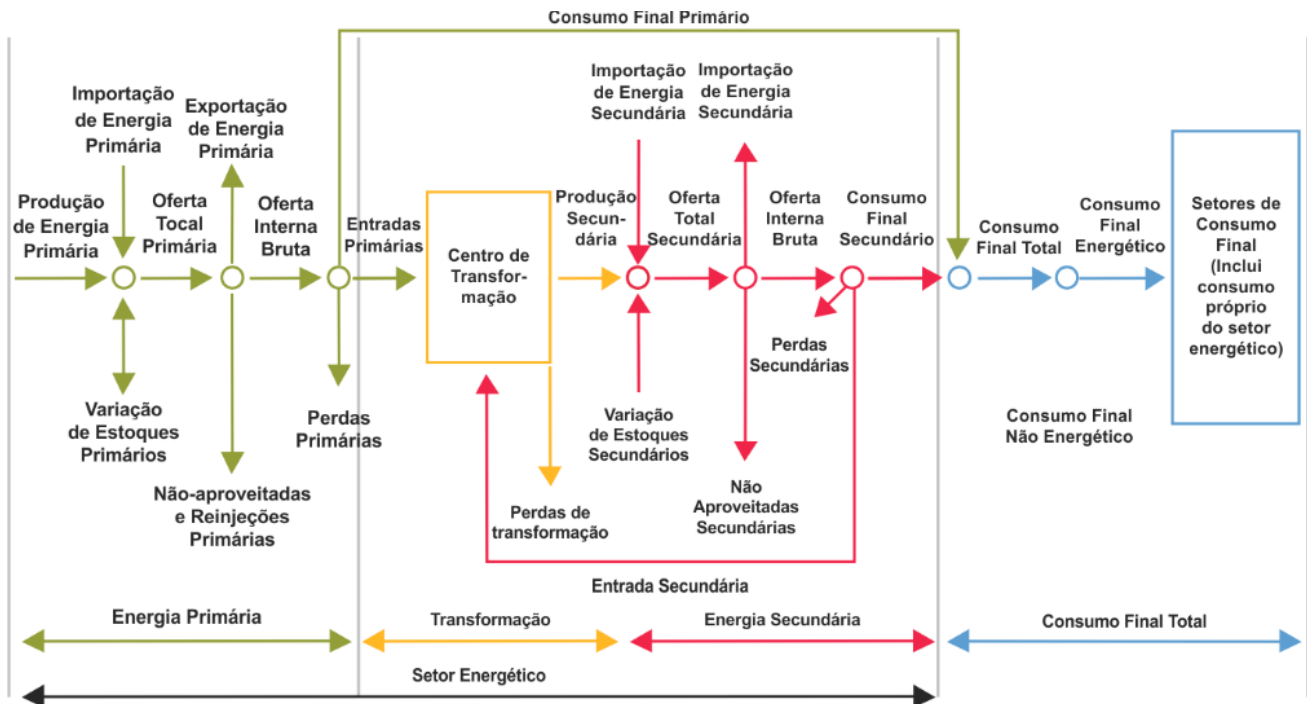
No Brasil, observa-se através dos documentos apresentados pelo Ministério das Minas e Energia (MME) que, nas últimas décadas, houve implemento na produção de energia de fontes renováveis. Historicamente podemos verificar que até a década de 1950, as fontes energéticas brasileiras eram dominadas pelo uso de lenha e carvão vegetal, embora nas décadas de 1920-1930, devido ao aumento do uso do automóvel, passou-se a importar petróleo. Andrade e Mattel (2013) destacam que as chamadas energias modernas (petróleo e elétrica) foi incluída na matriz energética brasileira a partir de 1950, sendo que desse período até 1970, o petróleo se consolida e passa a corresponder com 45% dos insumos energéticos brasileiros. Devido à crise do petróleo, com um crescimento desenfreado no preço dele, o governo brasileiro cria o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL) em 1975. Em 2003, numa tentativa de alinhar a posição brasileira à dos países que lutam pelo desenvolvimento sustentável de nosso planeta, o Brasil cria a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG), que deu origem, em 2004, ao Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

Tanto o PROÁLCOOL, quanto o PNPB, são programas que mudaram significativamente a matriz energética brasileira. O primeiro, de acordo com Barnwal e Sharma (2005), pelo aumento do setor sucroalcooleiro, promovendo o incremento na área tecnológica, no melhoramento dos processos industriais e dos diversos aspectos da questão ligadas à agroindústria, sendo responsável por milhares de empregos diretos e indiretos e o PNPB (PADULA et. al. 2012), proporciona mais segurança energética, aliadas às condições sociais e econômicas vigentes, sendo considerado uma opção ambientalmente correta, com incremento na geração de emprego, melhoria nas economias regionais, com propósito de estimar o homem do campo e aumentar a oferta de diferentes matérias-primas.

Nos anos de 2001 e 2002, um período crítico de abastecimento no setor elétrico, com restrição ao consumo, somada ineficiência do abastecimento do gás natural, à elevação do preço do petróleo e as questões ambientais, mostraram a fragilidade da matriz energética Nacional (MEN) e levou o governo, através do MME, a criar em 2004 a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Sua finalidade é prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. Uma das competências da EPE é a de elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional (BEN). Nos anos de 2005-2007 foi desenvolvido o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE-2030), onde se faz um estudo da demanda energética daquele momento e as perspectivas até 2030, levando-se em consideração os aspectos nacionais e internacionais de produção e consumo, bem como as principais fontes de energia renováveis e não renováveis.

O Balanço Energético Nacional (BEN) foi elaborado segundo metodologia que propõe uma estrutura energética, suficientemente geral, de forma a permitir a obtenção de adequada configuração das variáveis físicas próprias do setor energético. O fluxograma presente na figura 1 representa a produção, transformação e consumo, seguido de suas conceituações.

Figura 1 - Fluxograma do BEN



Fonte: BEN-2007

Onde temos:

Energia Primária: Produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica etc.

Energia Secundária: Produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação.

Total Geral: Consolida todas as energias produzidas, transformadas e consumidas no país.

Oferta: Quantidade de energia que se coloca à disposição para ser transformada e/ou para consumo final.

Transformação: O Setor Transformação agrupa todos os centros de transformação onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas na transformação.

Perdas: Perdas ocorridas durante as atividades de produção, transporte, distribuição e armazenamento de energia. Como exemplos, podem se destacar: perdas em Gasodutos, Oleodutos, Linhas de Transmissão de Eletricidade, Redes de Distribuição Elétrica. Não se incluem nesta linha as perdas nos Centros de Transformação

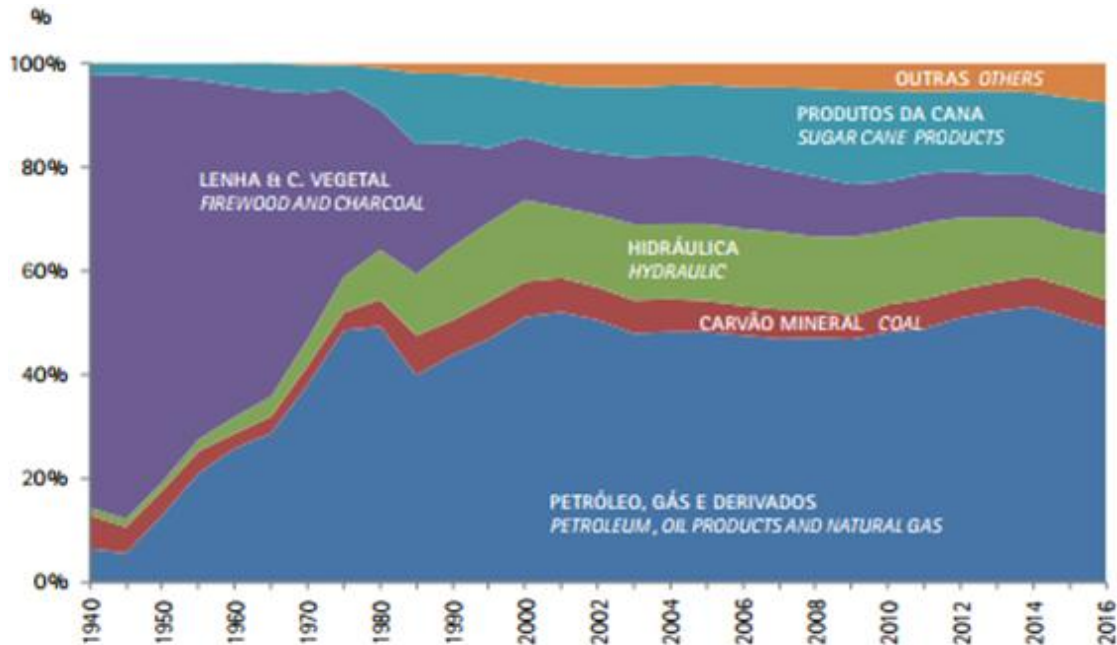
Consumo Final: Nesta parte se detalham os diferentes setores da atividade

Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME.

O BEN (2016) mostra a evolução dos itens da MEN e a oferta interna de energia, em porcentagem (Figura 02) do período de 1940 a 2016, demonstrando que nesse período houve um aumento significativo da dependência do petróleo, gás e derivados (principalmente a partir

de 1970), embora tenha havido retração nos dois últimos anos; a consolidação da energia hidráulica e dos produtos da cana; a diminuição do uso da lenha e carvão vegetal e; o crescente uso de outras fontes, principalmente, nas duas últimas décadas.

Figura 2 - Gráfico ilustrativo do BEN no período de 1940 a 2016.



Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME

Por outro lado, a análise da oferta interna de energia (OIE) pelas diferentes fontes, renováveis e não renováveis, comparadas aos resultados dos últimos anos de 2015 e 2016 (Tabela 1) caracteriza pequeno aumento na participação das fontes renováveis (+1,4%), com uma forte retração das fontes não renováveis (-7,3%) e; que o agregado “Outras Renováveis” (eólica, biodiesel, lixívia e outros resíduos de biomassa), crescimento de 10,1%, e a hidráulica com 7%, deram sustentação ao aumento relativo das renováveis, tendo em vista a retração na lenha e carvão vegetal.

No contexto mundial, a comparação do Brasil com a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, Coreia do Sul, Dinamarca, Espanha, Eslováquia, Eslovênia, Estônia, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Israel, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Suécia, Suíça e Turquia) com outros países, excetuando-se os da OCDE e com o Mundo pode ser observado pelos dados da Tabela 2

Tabela 1- Oferta interna de energia no Brasil nos anos de 2015/2016 .

ESPECIFICAÇÃO	Mil Tep		16/15 %	Estrutura %	
	2015	2016		2015	2016
Não-renováveis	175.903	162.975	-7,3	58,7	56,5
Petróleo e derivados	111.626	105.354	-5,6	37,3	36,5
Gás natural	40.971	35.569	-13,2	13,7	12,3
Carvão mineral e derivados	17.625	15.920	-9,7	5,9	5,5
Urânio (U ₃ O ₈) e derivados	3.855	4.211	9,2	1,3	1,5
Outros não renováveis	1.826	1.921	5,2	0,6	0,7
Renováveis	123.668	125.345	1,4	41,3	43,5
Hidráulica e eletricidade	33.897	36.256	7,0	11,3	12,6
Lenha e carvão vegetal	24.900	23.095	-7,2	8,3	8,0
Derivados da cana-de-açúcar	50.648	50.318	-0,7	16,9	17,5
Outros renováveis	14.223	15.667	10,1	4,7	4,4
TOTAL	299.570	288.319	-3,8	100,0	100,0
dos quais fósseis	172.047	158.763	-7,7	57,4	55,1

Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME

Tabela 2 - Comparativo da oferta interna de energia no Brasil.

Fontes	Brasil		OCDE		Outros		Mundo	
	1973	2016	1973	2016	1973	2016	1973	2016
Derivados do Petróleo	45,6	36,5	52,6	35,6	29,9	25,5	46,1	31,5
Gás Natural	0,4	12,3	18,9	25,6	12,9	21,2	16,0	22,1
Carvão Mineral	3,2	5,5	22,6	18,9	31,1	34,3	24,6	27,0
Urânio	0	1,5	1,3	9,9	0,2	2,0	0,9	4,9
Hidro	6,1	12,6	2,1	2,3	1,2	2,5	1,8	2,6
Outros não renováveis	0	0,7	0	0,5	0	0,1	0	0,3
Outros renováveis	44,8	30,9	2,5	7,1	24,7	14,5	10,6	11,7
Biomassa sólida	44,3	23,8	2,4	4,2	24,7	13,1	10,5	9,6
Biomassa líquida	0,5	6,1	0	0,94	0	0,13	0	0,55
Eólica	0	1,0	0	0,86	0	0,21	0	0,52
Solar	0	0,008	0	0,46	0	0,41	0	0,41
Geotérmica	0	0	0,16	0,64	0	0,48	0,1	0,52
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Dos quais renováveis	50,8	43,5	4,6	9,5	26,0	16,9	12,5	14,2
Total-Mtep	82,2	288,3	3.741	5.205	2.105	8.056	6.109	13.926
% do mundo	1,3	2,1	61,2	37,4	34,5	57,9		

Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME

As análises desses dados estão presentes na Resenha Energética Brasileira 2017, onde se apresenta com os seguintes resultados comparativos:

- Nos últimos 43 anos, as Matrizes Energéticas do Brasil e de outros blocos do mundo apresentaram significativas alterações estruturais. No Brasil, houve forte aumento na participação da energia hidráulica, da bioenergia líquida e do gás natural. No bloco da

OCDE, houve forte incremento da energia nuclear, e a seguir, do gás natural. Em “Outros” países, houve forte incremento do carvão mineral e do gás natural. O ponto comum é o incremento do gás natural.

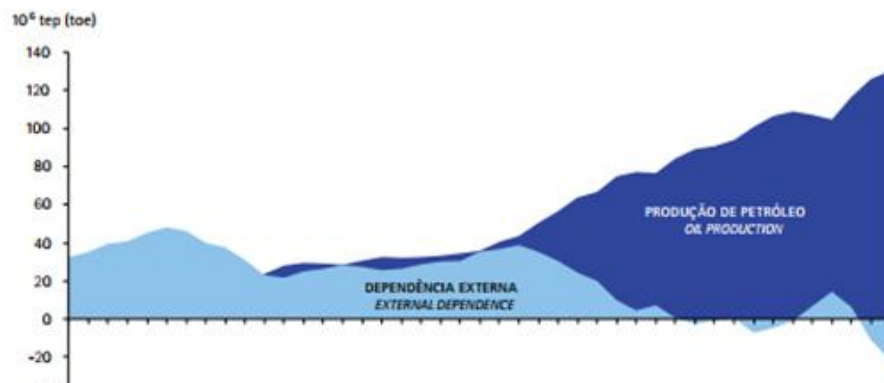
- O Brasil é o país que apresenta a maior OIE de fontes renováveis, com 43,4% de participação em 2016, contra 9,5% da OCDE e 16,9% dos outros países. O mundo fica com um indicador médio de 14,2%. A fonte fósseis no Brasil vem decrescendo e hoje somam 55,1% enquanto nos países da OCDE corresponde à 80,6% e, nos outros países à 81,1%.

- A redução de 17 pontos percentuais do petróleo e derivados na matriz energética da OCDE, entre 1973 e 2016 reflete o esforço de substituição desses produtos, decorrente principalmente dos choques nos preços de petróleo. No Brasil, essa redução foi de 9,1 pontos percentuais no mesmo período, o que evidencia que o país, seguindo a tendência mundial, também desenvolveu esforço significativo de substituição desses energéticos fósseis, sendo digno de nota, nesse caso, os aumentos da geração hidráulica, da produção de biodiesel, e dos usos de derivados da cana, como etanol carburante e bagaço para fins térmicos (REN21/2016).

Dentro desse contexto as questões que chamam muito atenção são: a) O fato do Brasil, atualmente, ser alto suficiente em petróleo (Figura 3); b) as fontes de energia elétrica predominante são as renováveis (Figura 4).

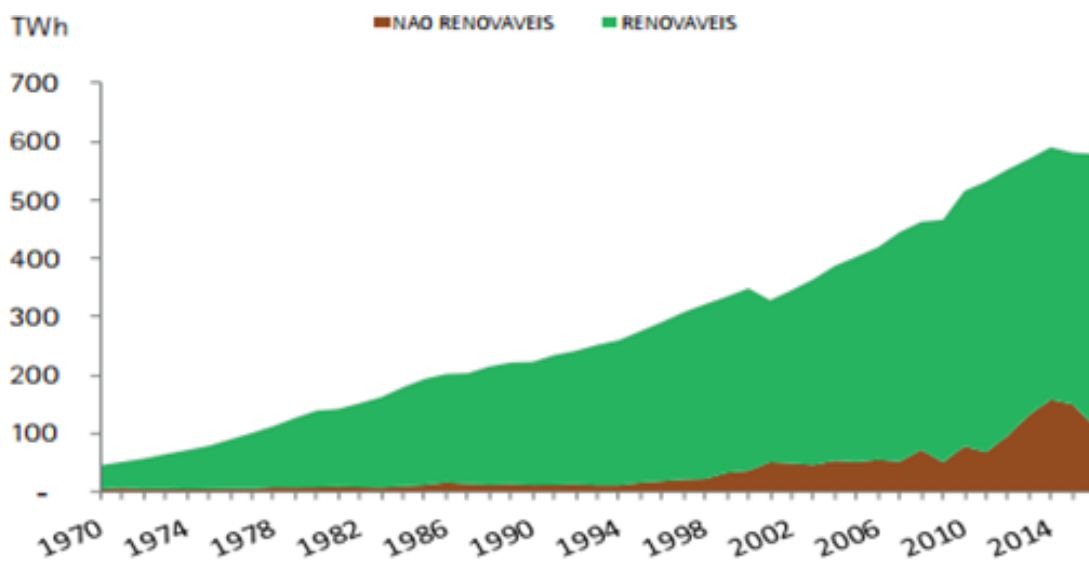
A Agência Nacional do Petróleo (ANP) define Biocombustíveis como sendo “derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia”. Para Malico (2008), biomassa é a matéria proveniente de seres vivos, que, através de diversas tecnologias, pode ser transformada em energia elétrica, mecânica ou térmica. Pode ter origem agrícola (como a cana de açúcar e o milho), florestal (madeira) ou de rejeitos industriais e urbanos (lixo biodegradável). A origem é capaz de determinar o potencial energético da biomassa. O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014) considera o bioetanol, biodiesel, biogás, biomassa, biometanol (mais utilizados), além do bioéterdimetílico, bio-ETBE, bio-MTBE, biocombustíveis sintéticos e biohidrogênio como **biocombustíveis**.

Figura 3 - Evolução da produção Brasileira de Petróleo e da dependência externa do produto no período de 1974 a 2016.



Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME

Figura 4- Geração de energia elétrica total no Brasil, renováveis (cor verde) e não renováveis (com marrom), período de 1970 a 2014.

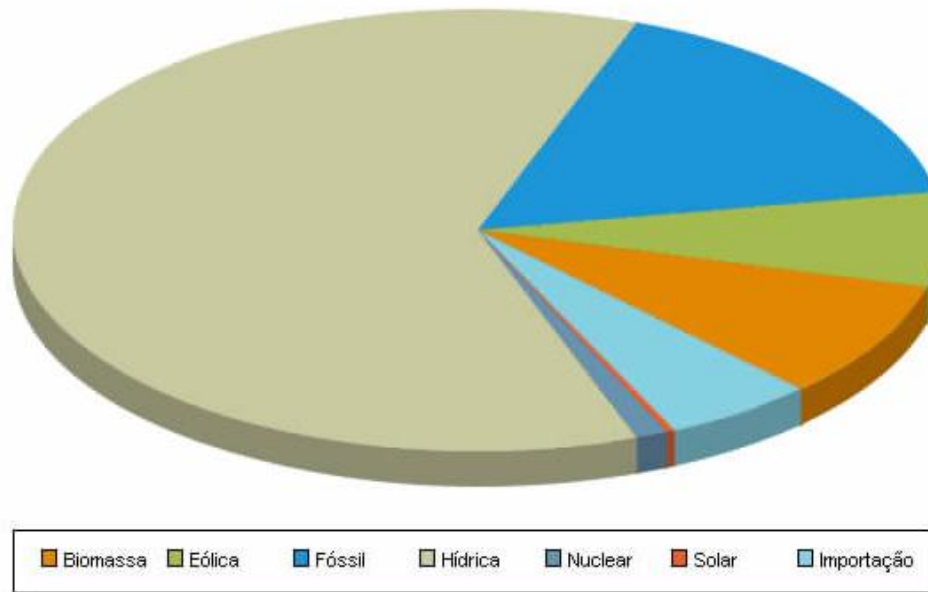


Fonte: Balanço Energético Nacional- Ano Base 2016-EPE- MME

No Brasil, os principais biocombustíveis são o Etanol e o Biodiesel, mas o governo vem incentivado outras políticas públicas, com uso de fontes renováveis, a fim de diversificar a matriz energética. Dentre esses programas, destaca-se o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica). Este programa tem como objetivo aumentar a participação de fontes renováveis para geração de energia elétrica no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) (EPE, 2015). Ressalva-se que somente a partir de 2000 que o crescimento da bioeletricidade se acelera, devido à expansão do aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar.

No relatório da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) de outubro de 2017, verifica-se que na matriz elétrica brasileira a biomassa corresponde à geração de 8,73% da energia, com 536 usinas instaladas, tendo como principal matéria prima o bagaço da cana-de-açúcar (Tabela 3), e que as fontes renováveis correspondem à 77,20% (figura 5) de toda a energia elétrica gerada.

Figura 5 - Ilustração da Matriz Elétrica Brasileira.



Fonte: ANEEL- Matriz de Energia Elétrica. Outubro de 2017.

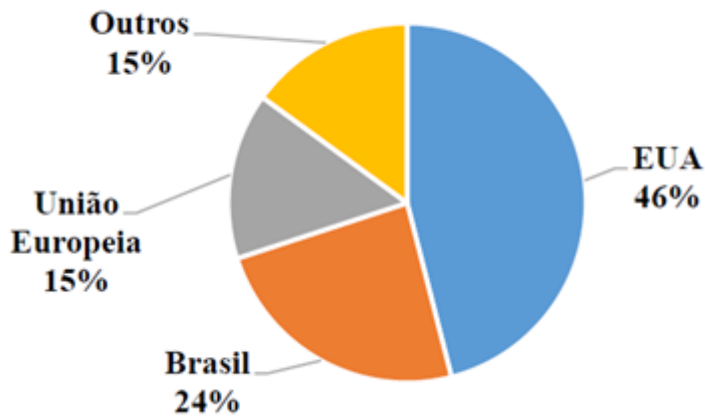
O REN21-2016 mostra que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de biocombustível, ficando apenas atrás dos Estados Unidos (Figura 6). Essa posição deve-se à alta produtividade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção do etanol, sendo o volume deste biocombustível produzido por área plantada superior às demais origens, como o milho e a beterraba. Atualmente o etanol é o biocombustível mais produzido em todo o mundo (Figura 7) devido sua utilização associada à gasolina, melhorar a octanagem desse combustível fóssil e, com isso, aumentando a eficiência dos motores. No Brasil, a porcentagem de etanol na gasolina varia de 22% a 27%, sendo regulamentado pela ANP de acordo com alguns fatores como preço da gasolina e do álcool, período de safra e entre safra do etanol, entre outros.

Tabela 3 - Origem e capacidade de produção da matriz elétrica.

Fonte			Capacidade Instalada			Total			
Origem	Fonte nível 01	Fonte nível 02	Nº de Usinas	(KW)	%	Nº de Usinas	(KW)	%	
Biomassa	Agroindústrias	Bagaço de Cana de açúcar	397	11.111.035	6,8340	415	11.223.890	6,9042	
		Biogás-AGR	3	1.822	0,0011				
		Capim Elefante	3	65.700	0,0404				
		Casca de arroz	12	45.333	0,0278				
	Biocombustíveis Líquidos	Etanol	1	320	0,0001	3	4.670	0,0028	
		Óleos Vegetais	2	4.350	0,0026				
	Floresta	Carvão Vegetal	7	41.197	0,0253	87	2.848.418	1,7521	
		Gás de Alto forno- Biomassa	10	114.265	0,0702				
		Lenha	3	15.650	0,0096				
		Licor Negro	17	2.273.036	1,3982				
	Resíduos animais	Biogás - RA	Resíduos Florestais	50	404.270	0,2486	13	4.439	0,0027
			Biogás - RU	13	4.439	0,0027			
Resíduos Sólidos Urbanos	Carvão - RU	Biogás - RU	17	122.250	0,0752	18	124.950	0,0768	
		Carvão - RU	1	2.700	0,0016				
Eólica	Cinética do Vento	Cinética do vento	470	11.512.743	7,0818	470	11.512.743	7,0818	
Fóssil	Carvão Mineral	Calor do Processo -CM	1	24.400	0,0150	21	3.713.495	2,2843	
		Carvão Mineral	12	3.317.465	2,0406				
		Gás do Alto Forno - CM	8	371.630	0,2286				
	Gás Natural	Calor do Processo - GN	1	40.000	0,0246	162	13.003.427	7,9988	
		Gás Natural	161	12.963.427	7,9742				
	Outros Fósseis	Calor do processo - OF	1	147.300	0,0906	1	147.300	0,0906	
	Petróleo	Gás de Refinaria	6	315.560	0,1941	2215	10.031.691	6,1708	
		Óleo Combustível	72	4.055.751	2,4948				
		Óleo Diesel	2119	4.680.052	2,8788				
		Outros Energéticos do Petróleo	18	980.328	0,6030				
Hídrica	Potencial Hidráulico	Potencial Hidráulico	1269	99.406.616	61,148	1269	99.406.616	61,148	
Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000	1,2241	2	1.990.000	1,2241	
Solar	Radiação Solar	Radiação Solar	60	384.313	0,2364	60	384.313	0,2364	
Importação	Paraguai			5.650.000	3,4755			5,0256	
	Argentina			2.250.000	1,3840				
	Venezuela			200.000	0,1230				
	Uruguai			70.000	0,0430				
Total			4736	162.565.952	100	4736	162.565.952	100	

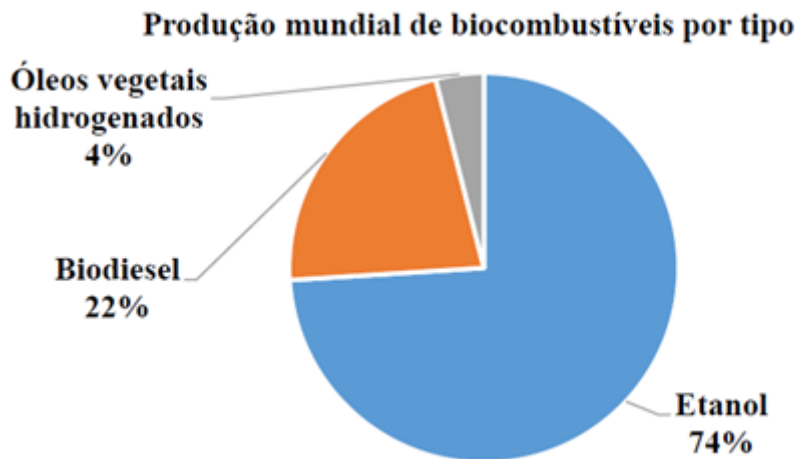
Fonte: ANEEL- Matriz de Energia Elétrica. Outubro de 2017

Figura 6 - Produção de Biocombustível por País/região.



Fonte: REN21 (2016)

Figura 7 - Tipos de produção mundial de biocombustível.



Fonte: REN21-2016

Os biocombustíveis são considerados uma fonte energia limpa, mas isso não significa que a sua utilização extingue a liberação dos gases do efeito estufa (GEE), pois se considerarmos todas as fases de sua produção, desde a plantação da matéria prima até a transformação em biocombustível e queima dos mesmos para geração de energia, nota-se que envolve diferentes processos e impactos ambientais, como a substituição de vegetação nativa por culturas diferentes (cana de açúcar, milho, beterraba, soja), a utilização de maquinários e meios de transportes que queimam combustíveis fósseis, promovendo a liberação de SO_x , CO_2 , NO_x , CH_4 .

Segundo Lima (2017), em estudos realizados pela EMBRAPA no ano de 2009, a adição de 23% de etanol à gasolina reduz em 18% a emissão de GEE, concluindo ser os biocombustíveis mais sustentáveis e ecologicamente correto quando comparado ao uso de combustíveis fósseis. O Brasil foi considerado, em 2015, como um dos principais países investidores em energias renováveis, principalmente nos biocombustíveis, conforme relatório REN 21-2015 (Tabela 4).

Tabela 4 - Principais Países investidores de fontes renováveis no mundo-ano de 2015.

	1	2	3	4	5
Investimentos (total)	China	EUA	Japão	Reino Unido	Índia
Geotérmica	Turquia	EUA	México	Quênia	Alemanha/Japão
Hidrelétrica	China	Brasil	Turquia	Índia	Vietnã
Fotovoltaica	China	Japão	EUA	Reino Unido	Índia
Eólica	China	EUA	Alemanha	Brasil	Índia
Biodiesel	EUA	Brasil	Alemanha	Argentina	França
Etanol	EUA	Brasil	China	Canadá	Tailândia

Fonte: REN21-2015

3.4. Biodiesel

3.4.1. Breve histórico e regulamentação no Brasil.

Quimicamente definindo, são monoalquilésteres, provenientes de triacilgliceróis (óleos e gorduras). Historicamente considera-se o início do uso de óleo vegetal como combustível em 1893 quando Rudolf Diesel usou óleo de amendoim para funcionar um motor que, inicialmente, havia sido projetado para ter como combustível o petrodiesel. A primeira patente relatando a Transesterificação de óleos vegetais em uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácido graxo foi registrada em 1937, na Bélgica, por G. Chavanne, usando como matérias primas óleo de dendê e etanol (SUAREZ & MENEGHETTI, 2007). Segundo Ramos et al. (2011), desde a década de 1920, o Brasil vem desenvolvendo pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível, que foram intensificadas após os choques do petróleo em 1973 e 1979. Em 2004, o governo brasileiro criou o **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)** e em 2005, através da lei Nº 11.097/2005, estabelece em seu 1º Art. que a lei Nº 9.478 de 6 de agosto de 1997 seria acrescida, em seu artigo 1º, o inciso XII com a seguintes redação:

“incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional”. Em seu artigo 6º, inciso XXV, estabelece:

Biodiesel: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

A referida lei estabelecia que em oito anos, a adição mínima de biodiesel ao diesel do petróleo, deveria ser de 5%, sendo que inicialmente, em caráter facultativo, deveria ser acrescido 2% e isso passaria a ser obrigatória a partir de 3 anos, ou seja, em 2008, ficando encarregada a ANP de estabelecer as mudanças e coordenação desses percentuais. A ANP e o CNPE baixaram portarias e novas leis que estabeleceram as ordens de acréscimo: B2(2% de biodiesel adicionado ao petrodiesel em caráter facultativo, até jan. /2008, e obrigatório de jan. A jun./2008); B3(3% em jul. /2008); B4 (4% em jul. /2009); B5 (5% em jan. /2010); B6 (6% em ago. /2014) e B7 (7% em nov. /2014). Em 2016, através da Lei nº 13.263/2016 alterando a Lei nº 13.033/2014 foi determinado um cronograma de aumento do teor de biodiesel , passando a ser B8 até março de 2017, B9 até março de 2018, B10 até março de 2019; Após março de 2019 pode ser aumentado até o B15, conforme (figura 8). Dessa forma, pode-se verificar, segundo a ANP, que “o biodiesel já é uma realidade no País e garante ao Brasil uma posição destacada em relação ao resto do mundo. Juntos, etanol e biodiesel fortalecem a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional e a imagem do Brasil como país que valoriza a diversidade de fontes energéticas”.

Figura 8 - Cronograma de adição de biodiesel ao diesel no Brasil



Fonte:

Rodrigues F. (2016).

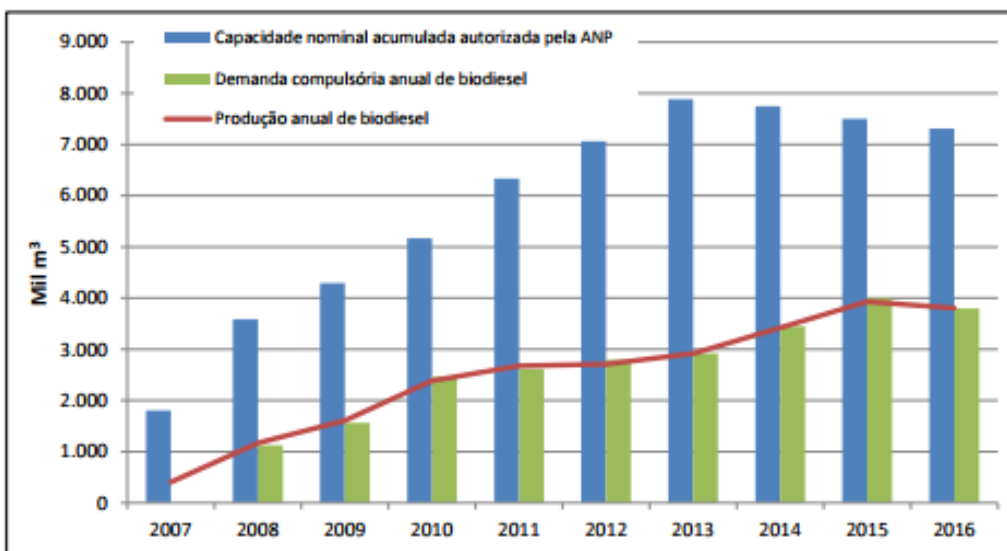
3.4.2. Produção Nacional.

A ANP divulga periodicamente, desde novembro de 2008, um Boletim Mensal do Biodiesel, com objetivo de difundir as informações relacionadas à atividade de produção do produto e parâmetros de crescimento dessa fonte na Matriz Energética Brasileira. O Boletim Mensal do Biodiesel, referente a fevereiro de 2017, descreve, em sua introdução:

“Atualmente existem 51 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de 20.930,81 m³ /dia. Há ainda 3 novas plantas de biodiesel autorizadas para construção e 3 plantas de biodiesel autorizadas para aumento da capacidade de produção. Com a finalização das obras e posterior autorização para operação, a capacidade total de produção de biodiesel autorizada poderá ser aumentada em 2.947 m³ /dia, que representa um acréscimo de 14,08% na capacidade atual”,

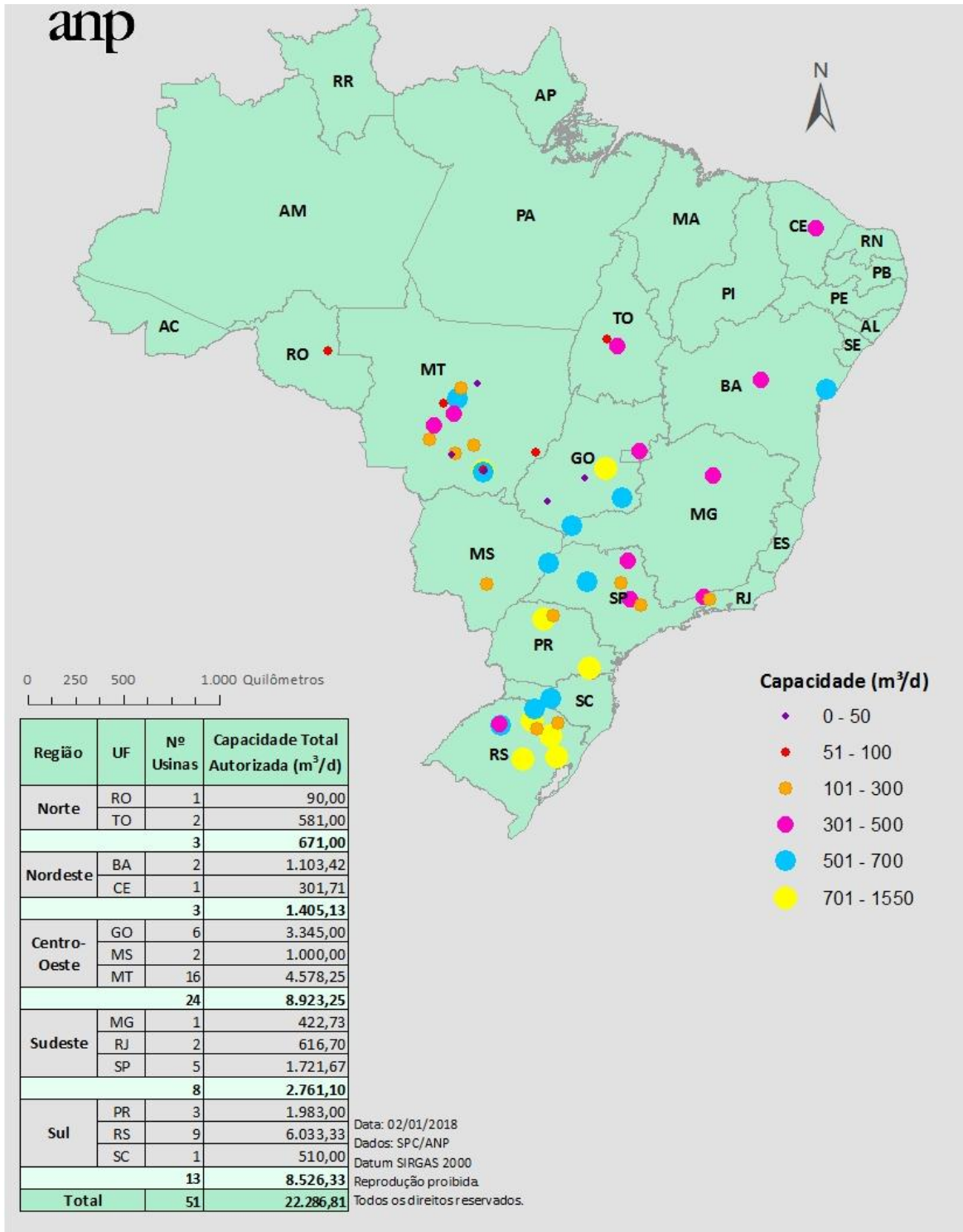
Sendo que em 02/01/2018, divulgou um mapa atualizado onde a capacidade autorizada passou a ser de 22.286,81 m³/dia, conforme mapa das plantas autorizadas para produção de Biodiesel (Figura 10). A evolução Anual da produção, da demanda compulsória e capacidade nominal autorizada pela ANP no Brasil de 2007 a 2016, está contemplado na figura 9.

Figura 9 - Evolução anual brasileira da produção de biodiesel.



Fonte: ANP- Boletim mensal de fev. /2017.

Figura 10 - Mapa das Plantas de Biodiesel autorizadas para operação- jan. /2018.

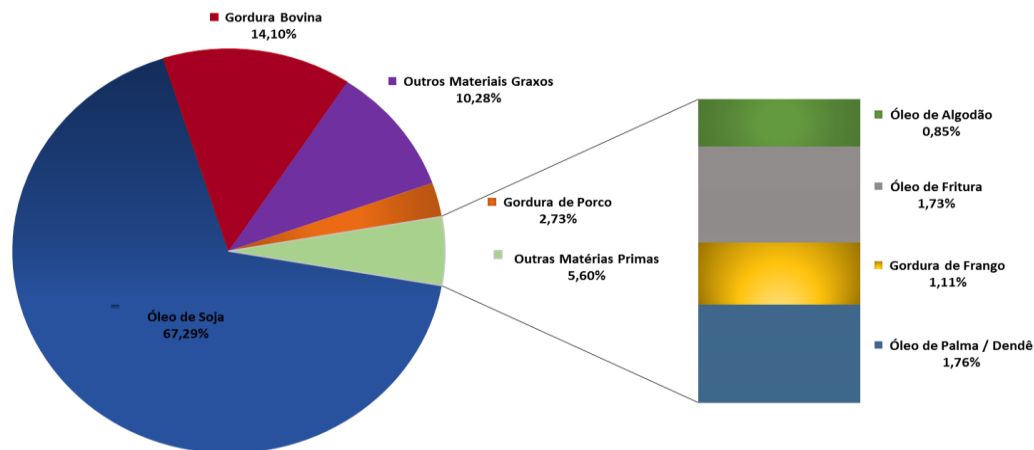


Fonte: ANP- jan. /2018.

Outros aspectos abordados são as matérias primas usadas na produção de biodiesel, mostrando o panorama geral e regional (Figuras 11 e tabela 6). Verifica-se que a principal matéria prima usada no Brasil é o Óleo de soja, seguida de gordura bovina, com particularidades de utilização nas diferentes regiões. Como exemplo, tem-se a região Norte

com 100% da produção de origem da gordura bovina e a região sudeste com um bom reaproveitamento de óleo residual de fritura, indicando a presença de empresas de coleta, purificação e reuso desse resíduo altamente poluente do meio ambiente.

Figura 11 - Matérias primas usadas na produção de biodiesel.



Fonte: ANP-fev./2017

Tabela 5 - Percentual das matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel por região brasileira- fevereiro/ 2017.

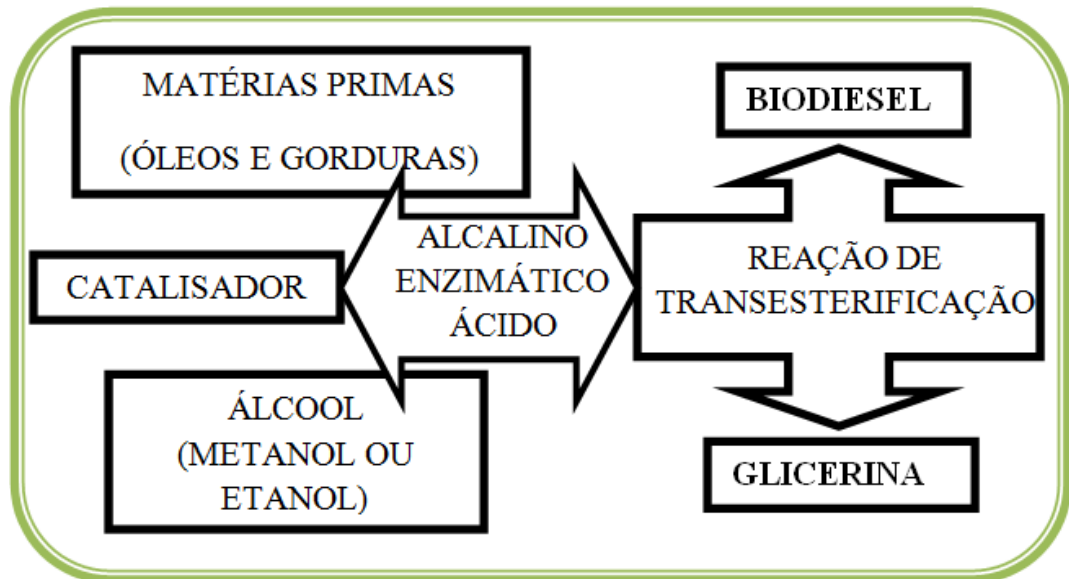
Matéria Prima	Região				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de soja		47,02%	75,65%	26,72%	65,35%
Gordura Bovina	100%	20,61%	4,07%	52,34%	18,59%
Óleo de Algodão		5,77%			
Outros materiais Graxos		7,08%	20,05%	1,37%	2,82%
Óleo de fritura usado		0,03%	0,12%	7,26%	0,14%
Gordura de Porco			0,09%	0,01%	9,72%
Gordura de frango			0,02%	1,18%	1,05%
Óleo de Palma/ Dendê		19,49%	0,00%	11,11%	
Óleo de Colza / Canola					2,34%

Fonte: ANP – fev./2017

3.4.3. O fenômeno químico: Reação de Transesterificação

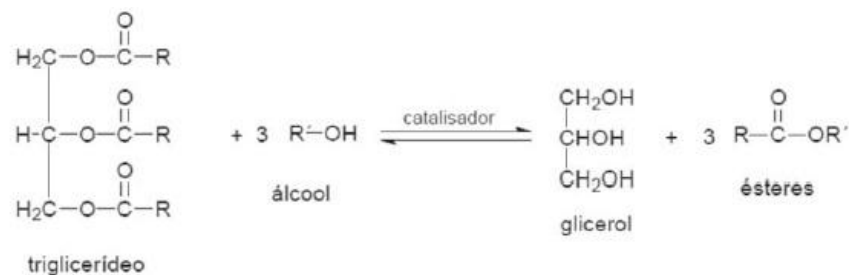
Biodiesel é o nome dado aos monoalquilésteres obtidos por reação de Transesterificação entre triglicerídeos e álcool, na presença de um catalisador, conforme esquema representado pela figura 12 e quimicamente equacionado, de forma generalizada, pela figura 13.

Figura 12 - Esquema de reação de transesterificação: Matéria prima, reagentes e catalisadores e produtos.



Fonte: Próprio autor

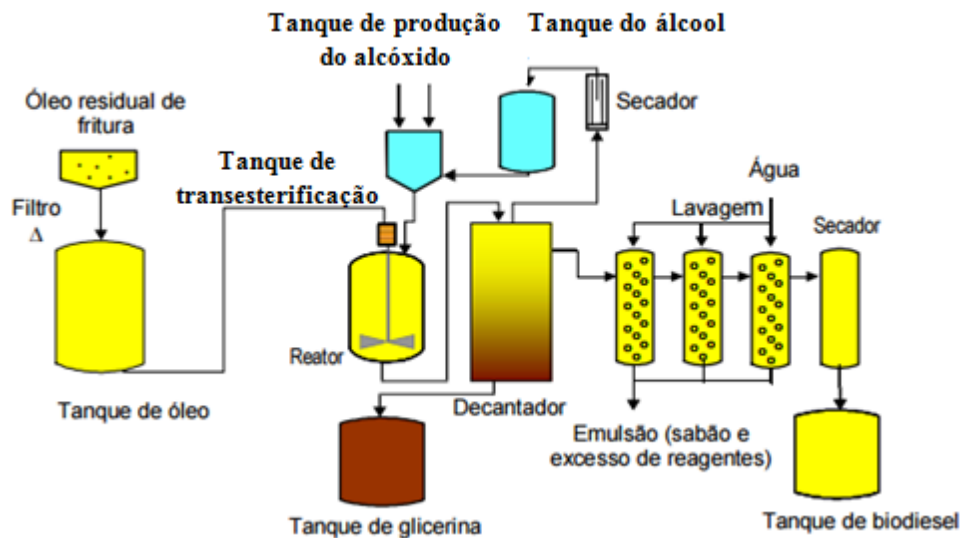
Figura 13 - Equação geral da Transesterificação de triglicerídeos.



Fonte: Costa Neto & Rossi-2000.

A indústria do biodiesel, usando óleo residual de fritura como matéria prima, pelo método tradicional alcalino, monta suas instalações usando uma planta piloto semelhante à figura 14.

Figura 14 - Esquema de uma planta piloto para produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura, mostrando as etapas de pré-tratamento da matéria-prima, das reações e purificação.



Fonte: adaptada de CHRISTOFF, 2006

Analisando-se a abordagem feita, observa-se que a produção do biodiesel depende dos reagentes - triglicerídeos (óleos e gorduras) e álcool, aqui chamados de matéria prima-, e do catalisador. Por ser de caráter reversível, a variação dos reagentes e de suas proporções estequiométricas, associada a outros fatores como temperatura, suportes de reação, meio iônico, porcentagem de água, entre outros, interfere no rendimento do processo. A etapa de separação entre biodiesel, glicerol e outros subprodutos, além dos excessos e catalisadores e os processos de purificação são outros pontos a serem enfatizados para a obtenção de ésteres com maior grau de pureza. Além disso, deve-se estudar a destinação dos resíduos (emulsão) e o aproveitamento a ser dado à glicerina.

3.4.3.1. Matérias primas

Por serem monoalquilésteres derivados de triglicerídeos, que são os principais componentes de óleos e gorduras, podem-se afirmar os óleos vegetais e gorduras animais são as principais matérias primas desse combustível. No Brasil, segundo Ramos et al. (2011), a soja, o girassol, a mamona, o milho, o pinhão manso, o caroço de algodão, a canola, o babaçu, o buriti, o dendê, a macaúba e o amendoim, além das de origem animal como o sebo bovino e as gorduras de frango e de suínos, são as principais matérias primas. As pesquisas e implantações de pequenas indústrias de uso de Óleos de descarte, óleos de vísceras de peixes e

óleos usados para cocção de alimentos (óleo de fritura) vêm sendo testadas apresentando resultados satisfatórios.

Embora toda oleaginosa seja tecnicamente uma matéria prima possível de extração de óleo para produção do biodiesel, nem sempre esse combustível apresenta-se dentro das normas estabelecidas para seu uso. A viabilidade da utilização de uma determinada matéria prima depende de avaliação de parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais, que segundo Ramos et al., devem ser avaliados de acordo com:

- (a) o teor de óleo vegetal e a complexidade exigida no processo de extração;
- (b) a produtividade por unidade de área; (c) o equilíbrio agrônômico; (d) a atenção a diferentes sistemas produtivos; (e) o ciclo de vida da planta (sazonalidade); (f) sua adaptação territorial; e (g) o impacto socioambiental de seu desenvolvimento.

Ao se avaliar esses sete aspectos, pode-se definir a oleaginosa a ser escolhida. Segundo Beltrão & Oliveira (2008) quando se compara o teor de óleo vegetal, a soja é uma oleaginosa que apresenta apenas 22% de sua massa de grãos em óleo que comparadas ao Babaçu (60%), Mamona (39-59%), Amendoim (40-60%) e Girassol (40-47%), não seria a planta mais indicada, mas, a sua disponibilidade de cultivo em grande escala devido à fácil adaptação territorial e seu equilíbrio agrônômico, além de gerar como subproduto o farelo usado na alimentação humana e animal e substâncias de altos valores agregados, como os tocoferóis (vitamina E) que são agentes antioxidantes e os fosfatídeos que são excelentes agentes emulsificantes, a indica como de melhor potencial agregado.

Santos e Silva (2016) chama atenção para a questão do uso da terra cultivável para alimentação que está sendo desviada para produção de matéria prima do biodiesel, descrevendo que “Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), órgão da ONU, a quantidade de terra utilizada para a produção de alimentos a nível mundial é de aproximadamente 1500 milhões de hectares, o que representa 11% de toda a superfície do globo terrestre, enquanto 2.800 milhões de hectares tem potencial para ser utilizado. Atualmente, aproximadamente 14 milhões de hectares de terras cultiváveis estão sendo utilizadas para a produção de biocombustíveis, representando 1% da área total de terra cultivada no mundo (IEA, 2007), com previsão de chegar em 2030 com aproximadamente 4%.”

A ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais) divulgou parte do relatório do IBGE-2010, caracterizando o montante significativo da área total do território brasileiro usada para cultivo de oleaginosas, destinadas ao biodiesel (0,3%), comparado aos outros setores produtivos do Brasil (Figura 15).

Além dos óleos extraídos das oleaginosas, existem outras matérias primas usadas na produção do biodiesel como o resíduo de frituras, o sebo e gorduras animais, o resíduo oleoso de estações de tratamento de esgoto e outros materiais graxos. Todos eles entram em uma escala de produção industrial variando de acordo com sua disponibilidade regional. O fluxograma representado pela figura 16 demonstra a cadeia de preparação da matéria prima para ser transformada em biodiesel.

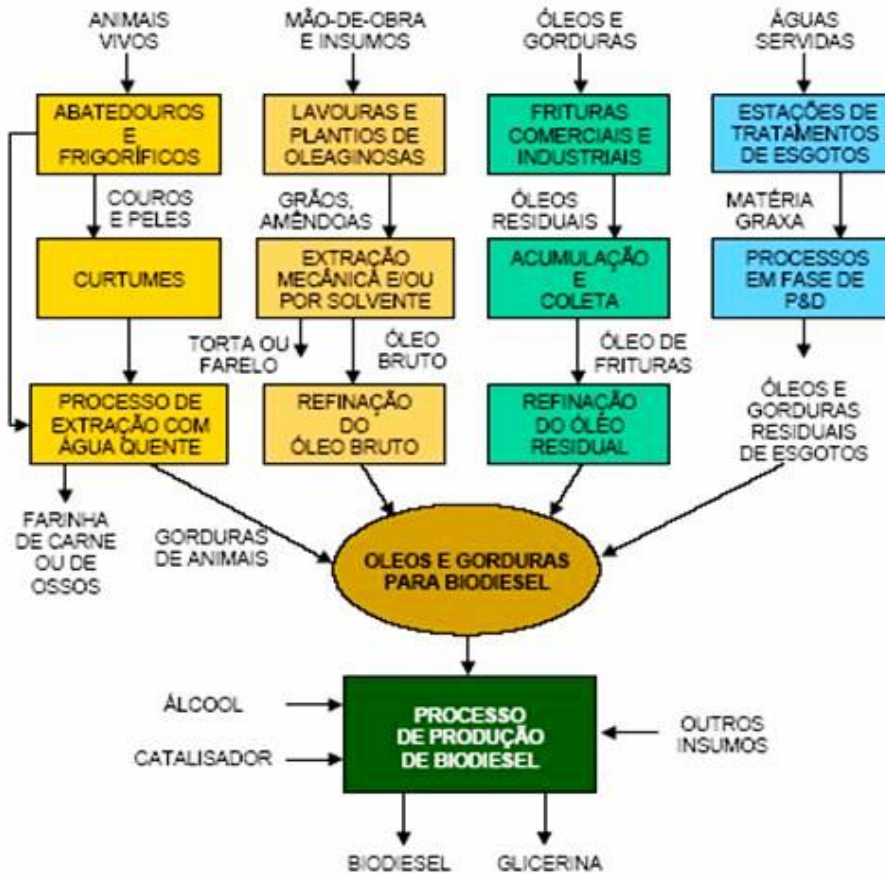
Figura 15 - Área de cultivo das oleaginosas para produção de biodiesel comparadas aos outros setores produtivos do Brasil.



Fontes: IBGE-2010 E ABIOVE-2012

Em 2017, a Agência Embrapa de Informações Tecnológicas (EMBRAPA, 2017), divulgou que, em média, são produzidos, anualmente, 2,5 milhões de toneladas de gordura provenientes do abate industrial de aves, bovinos e suínos. O rendimento de seu processo de Transesterificação é da ordem de 65% a 70%, ou seja, para cada quilograma de rejeito animal pode-se produzir até 700mL de biodiesel. A produção de biodiesel por essa via tem como vantagens frente ao de origem vegetal, produzir um óleo com maior número de citados (melhor qualidade de ignição), maior estabilidade de oxidação e menor índice de iodo (quantidade de instaurações na cadeia) e apresenta como desvantagens uma matéria prima sólida, com maior taxa de enxofre, além de apresentar um maior número de ácidos graxos livres o que promove a formação de sabões e dificulta o processo de purificação do biodiesel gerado.

Figura 16 - Fluxograma das matérias primas usadas na produção de biodiesel.



Fonte: Revista EA-2017

3.4.3.2. Óleo Residual de fritura

Segundo Novaes et al. (2014), no Brasil são descartados 9 bilhões de litros de resíduos do óleo de cozinha, sendo que apenas 2,5% é reciclado e reinserido na cadeia produtiva para atender os diversos seguimentos da indústria. Esse dado foi confirmado pela ABIOVE em 2012, acrescentando que o restante tem quatro destinos usuais: esgoto, solo, corpo hídrico e aterros sanitários. Segundo informações coletadas no site da Associação Brasileira Para Sensibilização, Coleta e Reciclagem de Resíduos de Óleo Comestível (ecóleo) o consumo per capita brasileiro é estimado em 20 litros/ano e Rosenhaim (2009) destaca que o potencial poluidor de cada litro de óleo é de 18.400 L de água. O óleo residual de cozinha, por seu caráter de insolubilidade e menor densidade que a água, dificulta a troca gasosa com a atmosfera, dificultando a solubilização de oxigênio na água e, ainda, por possuírem substâncias consumidoras desse gás, aumenta a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) causando danos ao ecossistema aquático. Nas redes coletoras (esgotos), provoca retenção de sólidos, resultando em entupimentos e problemas de drenagens e, segundo Coelho (2007), encarece em 45% o

tratamento dos efluentes contaminados. Em contato com o solo, o óleo o impermeabiliza, dificultando a drenagem da água e sua chegada aos lençóis freáticos, além de tornar a área propícia a enchentes. É consenso entre os ambientalistas que o descarte inadequado de resíduos em locais inapropriados traz prejuízos para os cidadãos e o meio ambiente que o suportam.

A Norma Brasileira de Referência - NBR 10004 (2004) define resíduos sólidos como os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Essa definição também é compartilhada com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Resolução 313 de 2012) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Uma vez gerado, o resíduo sólido exige soluções adequadas de forma a alterar o mínimo possível o meio ambiente e todos os elementos que fazem parte dele; sabe-se, porém, que o manejo dos resíduos sólidos é uma tarefa complexa em virtude da quantidade e heterogeneidade de seus componentes, do crescente desenvolvimento das áreas urbanas, das limitações dos recursos humanos, financeiros e econômicos disponíveis e da falta de políticas públicas que regulem as atividades deste setor.

De acordo com a norma NBR 10.004:2004, os resíduos sólidos podem ser assim classificados:

- Classe 1 - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- Classe 2 - Resíduos Não-inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.
- Classe 3 - Resíduos Inertes: são aqueles resíduos que, ao serem submetidos aos testes de solubilização (NBR-10.007 da ABNT), não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo. Muitos desses resíduos são recicláveis, já que os mesmos não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente). Estão nesta classificação, por exemplo, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações.

Segundo Oliveira e Aquino (2013), os óleos de frituras residuais coletados são classificados conforme grau e deterioração (tabela 6)

Tabela 6 - Classificação dos óleos de frituras coletados, conforme grau e deterioração.

Ord.	Classe	Característica
1	Óleo vegetal virgem	Coloração amarela
2	Óleo vegetal residual pouco usado, de origem residencial com consumo consciente.	Coloração amarela-alaranjada.
3	Óleo vegetal residual muito usado, de origem residencial com consumo exagerado ou de origem comercial.	Coloração variando de laranja a marrom-alaranjada.
4	Óleo vegetal residual extremamente deteriorado, de origem comercial.	Coloração variando de marrom- escura a preta.

Fonte: Oliveira e Aquino (2013)

A reutilização do óleo de fritura, sem trazer impactos ambientais, é uma busca atual do mundo científico, pois segundo Pitta Junior (2009), os principais aproveitamentos de tais óleos são (1) produção de glicerina, (2) padronização para a composição de tintas, (3) produção de massa de vidraceiro, (4) produção de farinha básica para ração animal, (5) geração de energia elétrica através de queima em caldeira, (6) produção de biodiesel, obtendo-se glicerina como subproduto. Desta forma, o óleo de cozinha usado retornado à produção, além de afastar a degradação do meio ambiente e os consequentes custos socioeconômicos, também cumpre o papel de evitar o gasto de recursos escassos, tais como os ambientais, humanos, financeiros e econômicos- terra, água, fertilizantes, defensivos agrícolas, maquinário, combustível, mão - de obra, financiamento bancário, fator tempo, entre outros - necessários para planejar, preparar o solo, plantar, colher, armazenar, beneficiar e escoar safras de plantas oleaginosas (plantas que fornecem óleo, como soja, mamona, girassol, etc.) das quais se extrairia o óleo que serviria como matéria-prima para os produtos acima citados.

A pergunta é: O que fazer com todo esse resíduo de óleo de cozinha? Atualmente ele é usado principalmente como matéria prima na produção de sabão, tanto a nível comercial como doméstico, mas vem sendo introduzido em indústria para produção de resinas de tintas, de materiais de limpeza (detergentes, amaciantes, sabonetes), de glicerina, de ração animal, de lubrificantes e de biodiesel. Para tanto existem desafios: Conscientizar a população sobre os efeitos nocivos ao meio ambiente de seu descarte inadequado; orientar sobre a forma correta de seu acondicionamento e descarte; criar uma rede coletora que o reintroduza na linha de produção industrial.

A fim de oficializar o destino dos resíduos sólidos de origem residencial, industrial, hospitalar, exceto os radioativos, o governo federal instituiu a Lei nº 12.305 de 12 de agosto de 2010, que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo, entre outros, a sua destinação final ambientalmente adequada, visando um desenvolvimento sustentável, tendo como instrumentos coleta seletiva, sistemas de logística reversa, educação ambiental, criação de cooperativas e associação de catadores e o incentivo à pesquisa, para implementação de responsabilidade compartilhada no ciclo de vida dos rejeitos. A aplicação desses instrumentos depende de parcerias entre órgãos públicos e privados, tanto em âmbito local (associações de bairros), municipal/estadual (secretarias de meio ambiente, de ação social e da educação), quanto federal (Ministério do meio ambiente e das minas e energias), para que os resultados sejam uma população engajada e com resultados sócio, econômico, educacional e ambiental satisfatórios.

Ao se analisar o fluxograma presente na figura 16, observa-se que o uso do óleo residual de fritura como matéria prima na produção de biodiesel diminui todos os custos de produção de óleo vegetal, via cultura de oleaginosas, e gordura animal, via abatedouros, acarretando em uma economia gigantesca na cadeia de produção desse biocombustível. É de fundamental importância para a sociedade a discussão das vantagens da utilização desse resíduo como matéria prima para a produção de biodiesel, tendo em vista que, além de retirar do meio ambiente um rejeito indesejado, gera emprego e um combustível renovável, diminuindo a dependência do petrodiesel, resultando na liberação de menor quantidade de gases estufas e causadores da chuva ácida, entre outros. Esses aspectos propicia um avanço na divulgação de sistemas de sustentabilidade do planeta com geração de um meio ambiente menos poluído agregado ao uso de uma química verde.

3.4.3.3. O álcool

Tecnicamente falando, qualquer álcool de cadeia pequena geraria um biodiesel de boa qualidade. Várias pesquisas usando metanol, etanol, propanol e butanol, têm apresentado rendimentos satisfatórios, sendo que, o melhor custo/benefício demonstrado em vários trabalhos é pela utilização dos dois primeiros. Segundo Krause (2008), do ponto de vista econômico e operacional, a obtenção de biodiesel por via metílica parece ser mais vantajosa tendo em vista o metanol apresentar menor custo, menor teor de água e maior polaridade o que facilita a separação entre as fases do éster/glicerol.

O principal processo industrial de produção do metanol é através do gás natural, que é um combustível fóssil, não renovável. No Brasil existem indústrias de produção de metanol, mas não somos autossuficientes, necessitando importar grande quantidade para suprir a indústria do biodiesel, principalmente do Chile, Argentina e EUA. O Etanol é produzido através de plantas com alto teor de carboidratos, sendo que no Brasil, sua principal fonte é a cana-de-açúcar, embora já exista utilização de milho e sorgo sacarino para esse fim. Existem vantagens e desvantagens em qualquer uma das rotas usadas para a obtenção do biodiesel e isso pode ser visualizado nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Vantagens das rotas metílicas e etílicas.

VANTAGENS	
METANOL	ETANOL
O consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor do que o etanol anidro.	Produção alcooleira no Brasil já consolidada.
O preço do metanol é quase metade do preço do etanol.	Produz biodiesel com maior número de cetano e maior lubrificidade, se comparado com o metílico.
O metanol é mais reativo.	Se for feito com biomassa, condição brasileira produz um combustível 100% renovável.
Para uma mesma taxa de conversão o tempo de reação com metanol é menos da metade do tempo quando se emprega o etanol.	Gera ainda mais ocupação e renda no meio rural.
Considerando a mesma produção de biodiesel, o consumo de vapor na rota metílica é 20% do consumo na rota etílica, e o consumo da eletricidade é menos da metade	Gera mais economia de divisas.
Os equipamentos do processo de produção em rota metílica ocupam cerca de ¼ do volume em rota etílica, para mesma quantidade e qualidade de produção.	Não é tóxico como metanol e apresenta menos risco de incêndio.

Fonte: Krause (2008).

Tabela 8 - Desvantagens das rotas metílicas e etílicas.

METANOL	ETANOL
Apesar de poder ser produzido de biomassa, é tradicionalmente um produto de origem fóssil.	Os ésteres etílicos possuem maior afinidade com a glicerina, dificultando a separação.
É bastante tóxico.	Possui azeotropia, quando misturado em água, de modo que sua desidratação requer maiores gastos energéticos e investimento com equipamentos.
Maior risco de incêndio, chama invisível.	Os equipamentos do processo de produção via rota etílica ocupam 4 vezes o volume dos equipamentos via rota metílica, para mesma quantidade e qualidade de produção.
Transporte é controlado pela polícia federal por se tratar de matéria-prima para uso no processamento de drogas.	Dependendo do preço da matéria-prima, os custos de produção de biodiesel etílico podem ser até 100% maiores que o metílico.

Fonte: Krause (2008)

3.5.3.4. Os catalisadores.

O processo de Transesterificação depende fundamentalmente do catalisador. O catalisador pode ser químico (catálise ácida ou básica) ou enzimático, homogêneas ou heterogêneas. Delatorre et al. (2011) mostra as vantagens e desvantagens de cada um deles (tabela 9).

Tabela 9 - Comparativo entre catálise química e enzimática - Vantagens e desvantagens

PROCESSOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
QUÍMICO	Simplicidade Alto rendimento Curto tempo de reação	Dificuldade de separação do catalisador. Dificuldade de utilização do etanol hidratado. Impossibilidade de reutilização do catalisador. Obtenção de produtos com menor grau de pureza.
ENZIMÁTICO	Facilidade de separação do catalisador. Obtenção de produtos com maior grau de pureza.	Maior duração das reações. Alto custo das enzimas. Menor rendimento

Fonte: adaptado de Delatorre et. al (2011).

À nível industrial, a catálise alcalina (básica) homogênea é mais usada. Essa escolha é resultado de vários estudos comparativos entre os métodos, aqui resumidos na tabela 10, especificando-se as vantagens e desvantagens de cada método.

Tabela 10 - Catálises químicas na produção de biodiesel- vantagens e desvantagens.

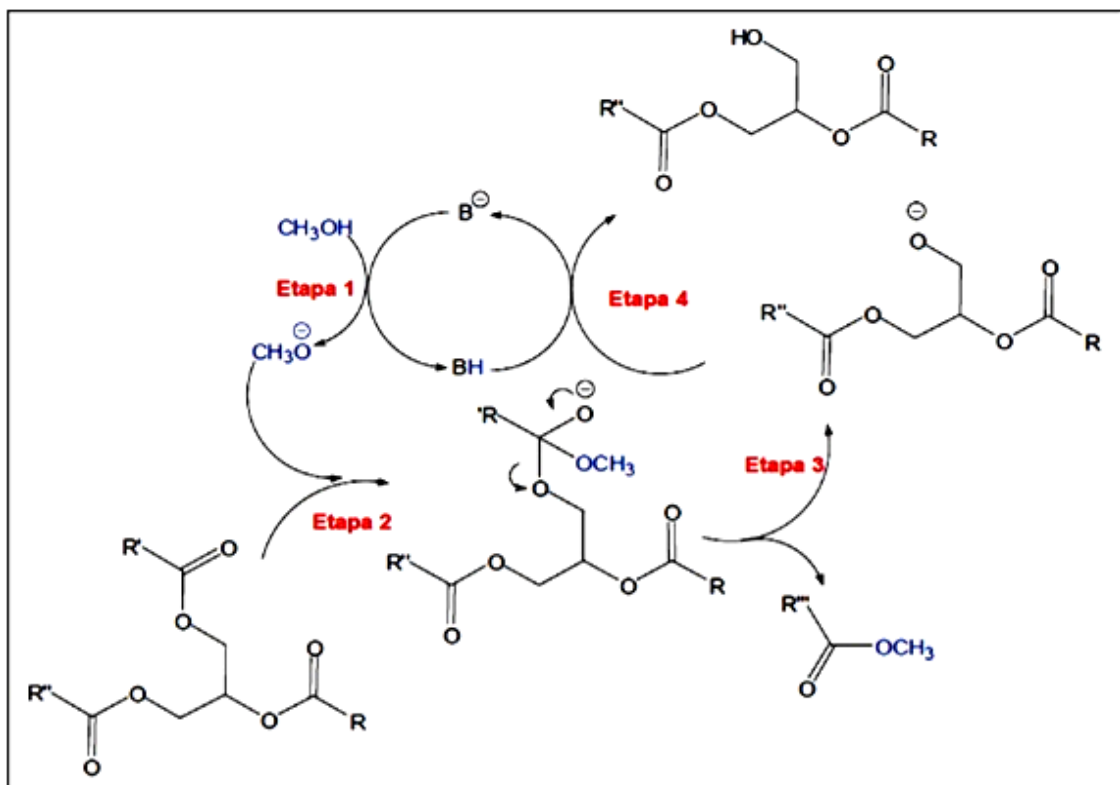
	CATALISADORES	VANTAGENS	DESvantagens
Catálise alcalina homogênea	NaOH ou KOH	Alta atividade catalítica. Baixo custo. Condições energéticas favoráveis. (Temperatura moderada). Fácil implantação operacional	Depende de uma baixa taxa de ácidos graxos livres. Matérias primas anidras. Formação de sabões e emulsões. Gera muitos resíduos na purificação.
Catálise alcalina heterogênea	Óxidos e sais de cálcio (CaO, CaCO ₃ , CaMnO ₃ , CaZnO ₃); Al ₂ O ₃ associado a KOH, KI e outros compostos; Carbonatos suportado em sílica/alumina.	Maior tempo de vida do catalisador. Maior seletividade. Fácil separação e recuperação do catalisador. Menos problema de perda/escoamento do catalisador. Catalisadores retirados do meio ambiente e recuperáveis.	Depende de uma baixa taxa de ácidos graxos livres. Matérias primas anidras. Alta razão molar álcool/óleo. Altas temperaturas e pressões reacionais. Muitos resíduos de purificação.
Catálise ácida homogênea	Ácido Sulfúrico Concentrado (H ₂ SO ₄)	Catalisa, esterifica e transesterifica simultaneamente, não gerando sabões	Alta corrosão do equipamento. Muitos resíduos de purificação com dificuldade de neutralizar e reciclar. Altas temperaturas de reação. Maior tempo de reação.
Catálise ácida heterogênea	ZnO/I ₂ ; Óxidos de Zircônio e Titânio associados a sulfatos; Variados ácidos de Lewis associados a materiais inertes ou de reatividades variadas.	Catalisa, esterifica e transesterifica simultaneamente. Catalisadores retirados do meio ambiente e recuperáveis.	Por apresentarem baixas concentrações de sítios ácidos e micro porosidade, dificultam a ação catalítica, requerendo maior tempo e temperatura de reação. Alto custo.

Fonte: Adaptado de Fukuda (2001)

3.4.3.4.1. Mecanismo da Catálise Alcalina.

Segundo Marques et al. (2008), a catálise alcalina de um triaciléster ocorre em 4 etapas: (1) o metanol em equilíbrio ácido-base com um catalisador alcalino é desprotonado formando o ânion alcóxido. (2) Adição do nucleófilo. (3) Eliminação da base conjugada do glicerol e a formação do éster metílico. (4) Regeneração do catalisador e formação do diacilglicerol (figura 17). Esse por sua vez irá gerar o monoacilglicerol, liberando um segundo éster. O monoacilglicerol irá formar um terceiro éster e converter-se no glicerol.

Figura 17 - Mecanismo da Transesterificação por catálise Alcalina.



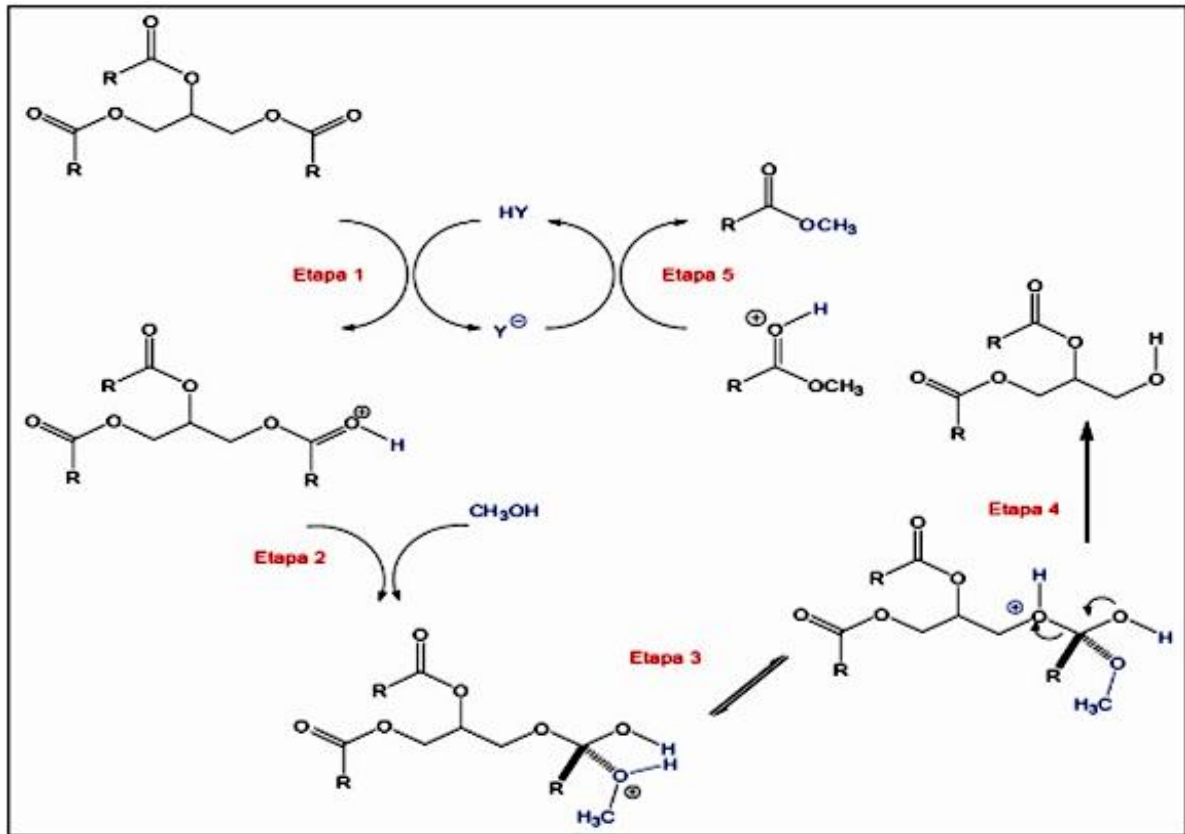
Fonte: Marques, M.V. et al. (2008)

3.4.3.4.2. Mecanismo de Catálise Ácida.

A catálise ácida, segundo Marques et.al (2008), também ocorre em cinco etapas: (1) Baixa reatividade do nucleófilo com o álcool é recompensada através da ativação da carbonila por efeito do catalisador. (2) Adição do álcool sobre a carbonila. (3) Transferência de hidrogênio prepara o grupo de saída. (4) O ácido graxo é formado pela eliminação de um

diacilglicerol. (5) Equilíbrio ácido-base que restaura o catalisador (figura 18). Repete-se o processo até obter-se o glicerol e os três ésteres.

Figura 18 - Mecanismo da Transesterificação por catálise ácida.



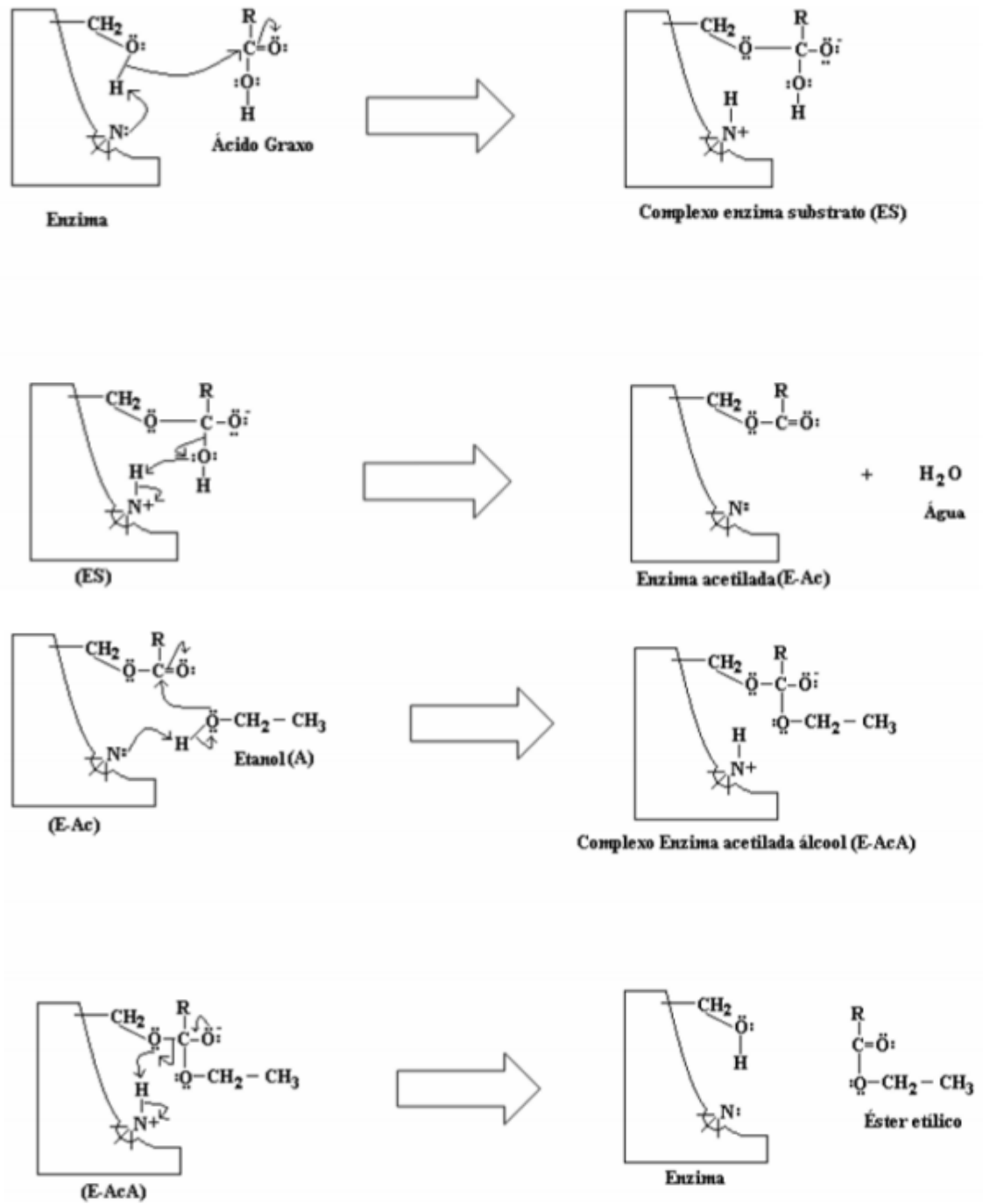
Fonte: Marques, M.V. et al. (2008)

3.4.3.4.3. Mecanismo de Catálise enzimática.

Na literatura são encontrados vários autores defendendo a catálise enzimática na Transesterificação de óleos e gordura (HOEKAMAN et al., 2012; JAEGER et al., 2002; ROYON et al., 2007). As lípases são catalisadores encontrados em plantas, animais e microrganismos, desempenhando atuando no metabolismo de óleos e gorduras. Apresentam alta seletividade e especificidade, tendo alta estabilidade em solventes orgânicos e necessitam de baixas temperaturas para realizar a transformação química. Apresenta como inconvenientes principal seu alto custo de extração e purificação, menor rendimento e maior tempo de reação

Segundo Medeiros et al. (2013), a catálise enzimática pode ser esquematizada conforme a figura 19.

Figura 19 - Mecanismo de esterificação enzimática com etanol.



Fonte: Medeiros et. al. (2013)

3.4.4. Os resíduos

A indústria do biodiesel gera, em sua cadeia produtiva, uma grande quantidade de resíduo, os quais foram identificados e descritos no Relatório Final do Projeto “Estudo Referente aos Impactos Ambientais na Cadeia Produtiva, Distribuição e Uso do Biodiesel”, elaborado pela STCP Engenharia de Projetos Ltda. e contratados pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Desse relatório, destaca-se o capítulo 8 onde descreve os resíduos gerados desde a implantação, seleção e cultivo da matéria prima até os rejeitos finais gerados na indústria. Considerando que o estudo aqui apresentado irá focar na parte final, após a matéria prima chegar à indústria, há de se destacar as etapas:

- **Refino do óleo vegetal/preparo da matéria prima:** Devido aos processos químicos de Branqueamento, neutralização, wintwrização (remoção de componentes cristalinos), degomagem e físico de desodorização, são gerados rejeitos classificados como efluentes, borras e gomas, ricos em fosfatos, sabões e substâncias coloidais, com alta DQO, entre outros, cujo tratamento requer a utilização de processos físico-químicos (flotação, floculação e coagulação) seguido de tratamento biológico (lodos ativados, lagoa de polimento, etc.).
- **Degomagem:** Quando acontece a remoção das gomas (fosfatídeos hidratáveis), ceras e substâncias coloidais.
- **Neutralização:** Etapa que consiste na remoção dos ácidos graxos livres com NaOH (sabões). Remoção de fosfatídeos residuais (não hidratáveis) e corantes (clorofila, carotenoides).
- **Efluentes:** É considerado efluente toda a água residual, que apresente composição variável, dependendo do tipo e da quantidade dos óleos processados. São ricos em sabões, lecitina, ceras e substâncias coloidais. A proporção de efluentes gerados é de 10 L por 10 kg de produtos gerados.
- **Produção do biodiesel:** Devido aos processos de secagem e destilação da glicerina e do éster (biodiesel); lavagem do biodiesel; filtragem para retirada dos sais, são gerados diversos rejeitos, entre eles a se destacar, sabão, resíduos de catalisadores, água acidulada e resíduos do dessecante que passarão por processos físico-químicos e biológicos de tratamento.
- **Efluente da Lavagem do Biodiesel:** São resíduos originados da etapa que consiste na lavagem do biodiesel e são compostos por sabão, resíduos de catalisadores e água

acidificada. Vale lembrar que para cada tonelada de biodiesel processado, 20% de efluente é gerado. Algumas características específicas do efluente são: DBO na faixa entre 3.000 a 4.000 mg/l; DQO na faixa entre 60.000 a 80.000 mg/l; presença de ácidos, bases e sais.

- **Tratamento da glicerina:** A destilação da glicerina gera ácidos graxos livres e impurezas minerais (resíduos glicéricos). Esses resíduos correspondem de 10 a 15% do peso da glicerina bruta obtida. A glicerina bruta, mesmo com suas impurezas, já constitui um subproduto vendável. No entanto, o mercado é muito mais favorável à comercialização da glicerina purificada, quando o seu valor é realçado. A purificação da glicerina bruta é feita por destilação a vácuo, resultando um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada. Também pode ser feita pelo processo de adsorção com carvão ativado e filtração a vácuo, obtendo um grau de pureza superior a 99%. Essas etapas de purificação geram subprodutos, como sais e sabões, que passarão por outros tratamentos físico-químico-biológico, antes do descarte final.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho constitui-se de três etapas:

1ª etapa: Pesquisa laboratorial: Produção de biodiesel, em escala laboratorial, utilizando óleo de soja comercial e óleo residual de fritura recolhido na cantina/restaurante do IFMG Campus de Congonhas.

2ª etapa: Pesquisa de campo: Levantamento de campo junto a alunos da área de estudo do conhecimento (Ubá - MG) e do IFMG Campus de Congonhas, seus familiares e comércios da área alimentícia de Ubá - MG, visando analisar seus conhecimentos sobre o descarte e utilização do óleo residual de fritura, estimar o quantitativo descartado e o potencial de recolhimento.

3ª etapa: Estudo de viabilidade técnica e econômica: Perspectivas social, econômica e ambiental de utilização do óleo de descarte da fritura na produção de biodiesel na região de estudo, com base na pesquisa bibliográfica.

4.1. Pesquisa laboratorial

A pesquisa laboratorial iniciou-se com uma busca na literatura das condições adotadas para produção de biodiesel a partir de óleo de soja comercial e residual, tendo-se optado por adotar a metodologia proposta por Geris (2007) como base inicial dos trabalhos. Em seguida foram feitas adaptações para produção em escala laboratorial que atendesse à uma visão de química verde, com diminuição de etapas, reagentes, condições físicas e materiais. Inicialmente foi usado óleo de soja comercial da marca Liza para padronização da metodologia. Após análise dos resultados obtidos, usou-se óleo residual de fritura recolhido na cantina/restaurante do IFMG- Campus de Congonhas. Além da produção do biodiesel, foram realizados experimentos para a purificação de seu principal subproduto, a glicerina.

O trabalho foi realizado no Laboratório de Biotecnologia e Bioensaios (LaBB.), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), nos meses de maio a dezembro de 2017.

4.1.1. Reagentes, materiais e instrumentos.

Foram usados os reagentes: metanol (CH_3OH) P.A. NEON, com 99,8% de pureza, densidade de $0,79\text{g/cm}^3$ e massa molar igual a $32,04\text{g/mol}$; Hidróxido de potássio (KOH)

NEON com 85% de pureza e massa molar igual a $56,11 \text{ g/cm}^3$; Hidróxido de sódio (NaOH) SYNTH 100% puro com massa molar igual a $40,00 \text{ g/mol}$; Acetilacetona (pentan-2,4-diona; 2,4-pentanediona), da Aldrich Chemical Company, com massa molar igual a $100,12 \text{ g/mol}$; Periodato de sódio (NaIO₄) P.A. SYNTH 98% m/m com massa molar igual a $213,89 \text{ g/mol}$; Solução de Hidróxido de amônio (NH₄OH) SYNTH com 28-30% de amônia (NH₃) e massa molar de $36,45 \text{ g/mol}$; Tampão Acetato de Amônio (C₂H₇NO₂) da Sigma-Aldrich, de massa molar $77,08 \text{ g/mol}$; Ácido Clorídrico P.A. Vetec, de massa molar $36,46 \text{ g/mol}$; Sulfato de sódio (Na₂SO₄) Anidro Merck, com massa molar igual a $142,04 \text{ g/mol}$.

As principais vidrarias de laboratório usadas foram: béquer, erlemmeyer, pipeta volumétrica, funil de Buckner, funil de decantação (bromo), kitassato, barra magnética, bastão de vidro e espátula.

As matérias primas e reagentes foram pesadas em balança analítica da marca Shimadzu, sempre calibrada para detectar até cinco casas decimais.

As purificações das amostras de biodiesel e glicerina foram realizadas usando Rota-Vapor (Buchi Rotavapor R-114) e Banho Evaporador Buchi (Buchi Waterbath: B-480), acoplados a uma bomba de vácuo.

A análise das amostras de óleo de soja Liza, óleo residual de fritura e biodiesel obtidos foram realizados em Cromatógrafo a Gás HP7820A (Agilent) equipado com detector por ionização de chamas (CG-FID), conforme norma europeia EN14103. Segundo (KARAOSMANOGLU; BECKER, 1996), seguindo as normas internacionais, são considerados biodiesel amostras com % de ésteres superiores a 96%, sendo que ANP adota esse padrão para classificar uma amostra como B100.

A análise do teor de glicerol na amostra glicérica obtida foi realizada usando um espectrofotômetro UV-Vis Hitachi U-2010.

4.1.2. Análise dos óleos de soja e residual de fritura.

O Índice de acidez das amostras de óleo de soja Liza (OSL) e óleo residual de fritura (ORF) foi feito seguindo o método adaptada da metodologia do Instituto Adolfo Lutz, que consistia em pesar 2g da amostra, dissolver em 255 mL de solução etanol: éter etílico (1:2), homogeneizar a amostra, adicionar indicador fenolftaleína e titular com solução de NaOH 0,1 mol/L até aparecimento de coloração rósea persistente. O Cálculo da acidez é dado pela

fórmula: $IA = V \times f \times 5,61 / P$, onde: V= Volume de solução de NaOH gasto; f=fator de correção da solução; 5,61=Equivalente grama do KOH; P=peso da amostra (g).

4.1.3. Metodologia de produção de biodiesel pela metanólise alcalina.

A produção de biodiesel em escala laboratorial foi planejada conforme tabela 11.

Tabela 11 - Planejamento dos experimentos laboratoriais.

Metodologia	Matéria-prima	Catalisador	Temperatura	Proporção óleo:álcool
1	OSL	KOH	45 °C	1:8
2	OSL	NaOH	45 °C	1:8
3	ORFFV	KOH e NaOH	45 °C	1:8
4	ORFFV	KOH e NaOH	45 °C	1:4
5	ORFFV	KOH e NaOH	Ambiente	1:4 e 1:8

4.1.3.1. Metodologia 1 (adaptada de Geris et al.,2007)

A metodologia 1 foi realizada utilizando KOH como catalisador, a 1% em massa, e proporção óleo: metanol de 1:8, usando óleo de soja comercial LIZA (OSL), de acordo com as seguintes etapas:

1ª ETAPA: Produção do metóxido de potássio.

Em um erlemmeyer de 50 mL, foram misturados KOH com metanol, a uma temperatura de 45 °C e agitação magnética, até dissolução total da base no álcool.

2ª ETAPA: Produção do biodiesel

Em um erlemmeyer de 250 mL, sobre um agitador magnético com aquecedor, foram adicionados óleo de soja e barra magnética. O agitador foi ligado e condicionado para funcionar na temperatura de 45 °C. Após essa temperatura ser atingida, adiciona-se a solução obtida na 1ª etapa. O erlemmeyer foi tampado com filme plástico de polietileno e a reação realizada durante 30 minutos (o tempo foi adaptado de 10 min., proposto pelo autor, para 30 min.) (Figura 20).

Figura 20 - Fotografia da Transesterificação do óleo de soja.



3ª ETAPA: Separação do biodiesel por decantação

A mistura obtida na 2ª etapa foi transferida para um funil de decantação e deixada de repouso por 20 min., tempo esse suficiente para se observar a separação das fases (o tempo foi adaptado de 15 min., proposto pelo autor, para 30 min.). A fase superior foi composta de biodiesel misturado a possíveis excessos de pequenas quantidades de base e metanol e, a inferior, de glicerol, resíduos (sabões) e excesso de reagentes (base e metanol) (figura 21).

As fases foram recolhidas em provetas e seus volumes anotados, usando a legenda: V_1 = fase contendo biodiesel e V_2 = fase glicérica.

Figura 21 - Fotografia da decantação das fases dos produtos obtidos.



4ª ETAPA: Lavagem da fase contendo biodiesel.

Essa etapa foi toda adaptada, pois o autor de referência recomendava uma primeira lavagem com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,5 %v/v, uma segunda lavagem com solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) e uma terceira lavagem com água, o que durava 01h30min. optou-se por fazer apenas a lavagem com água a fim de se diminuir o uso e descarte de reagentes agressivos ao meio ambiente.

O volume V_1 foi retornado ao funil de decantação e lavado pela adição de 50% de volume de água destilada. A mistura foi agitada manualmente e deixada decantar por 15 min. (Figura 22). Após esse tempo, recolheu-se a fase inferior (fase aquosa), anotou-se o seu volume e mediu-se o seu pH com uso de papel padrão (Figura 23). Mediu-se também o volume da fase superior contendo o biodiesel. Repetiu-se esse procedimento até o pH da fase aquosa ser igual a 7 (em média, 3 lavagens).

Figura 22 - Fotografia da lavagem do biodiesel



Figura 23 - Fotografia do resíduo da lavagem



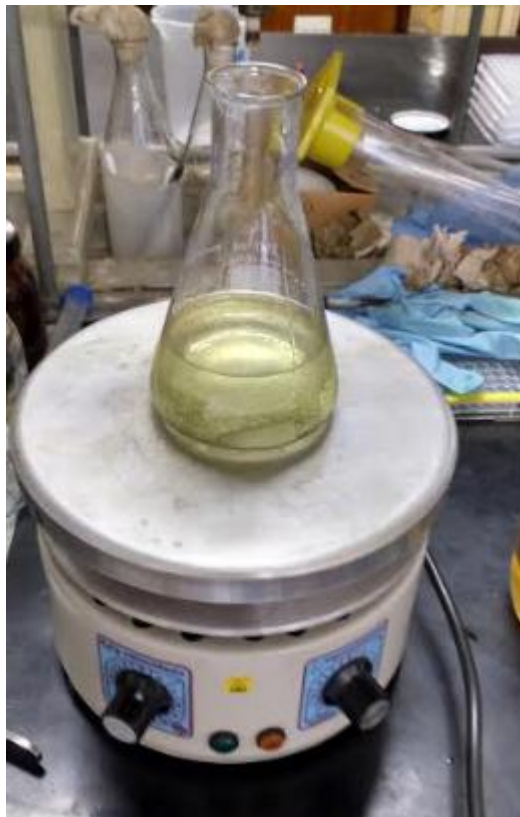
5ª ETAPA: Remoção de umidade do biodiesel.

Essa etapa também passou por adaptação tendo em vista a possível presença de alta umidade no biodiesel. Inicialmente optou-se pela destilação para remoção de metanol e água e posteriormente verificou-se que a quantidade de metanol presente era muito baixa, e que o aquecimento com sulfato de sódio anidro e filtração à vácuo fornecia o mesmo resultado, daí adotou-se o seguinte procedimento.

Em um béquer de 100 mL, foi pesado 1% em massa de sulfato de sódio anidro, em relação ao volume da amostra e adicionado o biodiesel. O mesmo foi agitado durante 10 min. à temperatura de 70 °C, sobre um agitador magnético. Após essa agitação deixou-se a mistura resfriar e fez-se uma filtração a vácuo. O filtrado teve seu volume, massa e características físicas anotadas (figura 24). Encaminhou-se uma amostra do mesmo para cromatografia.

A fase glicérica, V₂, foi submetida a processos de purificação e análise.

Figura 24 - Fotografia do filtrado final intitulado “biodiesel”.



4.1.3.2. Metodologia 2

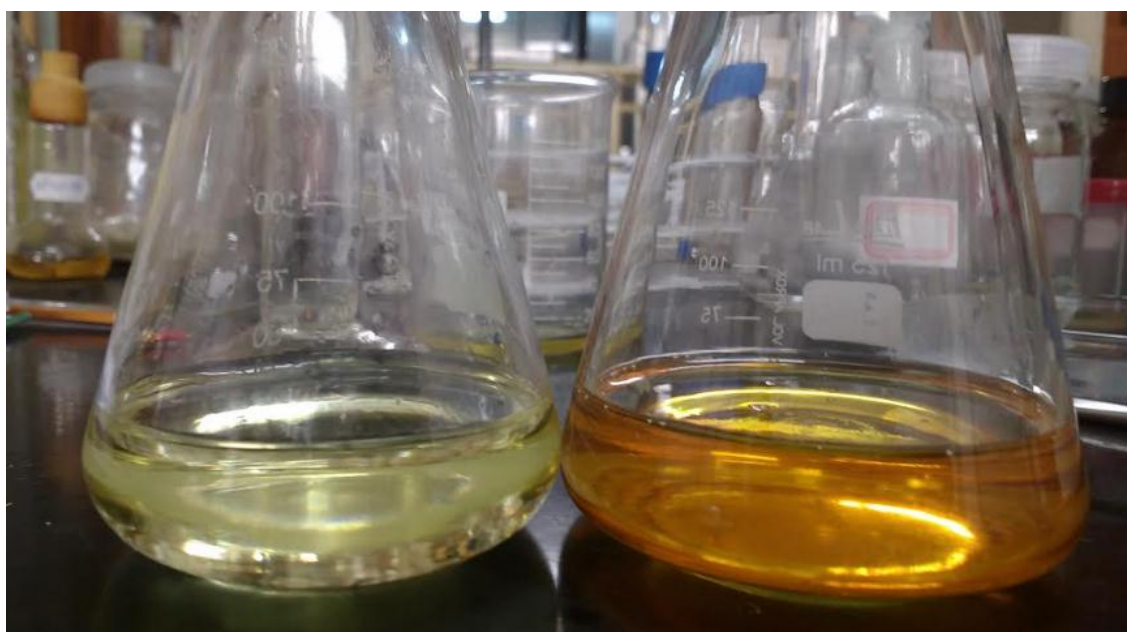
Fez-se a mesma sequência descrita no item 4.1.2.1, porém com catalisador **NaOH**.

4.1.3.3. Metodologia 3

Esta metodologia utilizou os catalisadores KOH e NaOH, proporção óleo: metanol de 1:8, e óleo residual de fritura (ORF) recolhido na cantina/restaurante do IFMG-Campus Congonhas, que se apresentava com cor amarelo alaranjado e borra sobrenadante. Para ser submetido à Transesterificação, este passou por um processo de filtração a vácuo, resultando em um líquido sem a presença da borra e ligeiramente mais claro, que passou a ser chamado de óleo residual de fritura filtrado a vácuo (ORFFV) (Figura 25). Após esse processo, foram

encaminhadas amostras do mesmo para análise de sua composição em ácidos graxos e realizada a dosagem de seu índice de acidez. Por apresentar índice de acidez abaixo de 0,5%, não foi submetido a processo de neutralização e a amostra foi usada para obtenção de biodiesel sem tratamentos subsequentes. Com a amostra de ORFFV fez-se a mesma sequência descrita no item 4.1.2.1.

Figura 25 - Fotografia comparativa entre OSL à esquerda e ORFFV à direita.



4.1.3.4. Metodologia 4

Fez-se a mesma sequência descrita no item 4.1.2.1, usando-se um volume de 100 mL de óleo ORFFV, mudando-se a proporção estequiométrica óleo: metanol para 1:4. Como catalisadores, utilizou-se KOH e NaOH.

4.1.3.5. Metodologia 5

Fez-se a mesma sequência descrita no item 4.1.2.1, usando ORFFV, à temperatura ambiente, com catalisadores KOH e NaOH, proporções óleo: metanol de 1:8 e 1:4. A temperatura ambiente encontrava-se entre 20-25 °C.

4.1.4. Análise do biodiesel.

Em todos os experimentos, a amostra de biodiesel recolhida foi encaminhada ao Laboratório de cromatografia – Departamento de Química (UFMG). Para análise do biodiesel foi usada a Norma Europeia EN 14103 (Cálculo do teor de ésteres em biodiesel: 1) Conc.

Ésteres = $\frac{\text{Área dos ésteres} \times \text{conc. do padrão interno}}{\text{Área do padrão interno}}$; 2) Teor de ésteres = $\frac{\text{conc. ésteres} \times 100}{\text{conc. do biodiesel}}$. Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas:

- **Preparação das amostras:** Nas amostras de biodiesel (~5 mg) foram adicionados 0,5 mL de uma solução de heptadecanoato de metila (C17:0) a 2.00 mg/mL como padrão interno (PI) (MUNARI et al.). Após agitação, 1 μ L desta solução foi injetada no cromatográfico.

- **Cromatografia gasosa:** Utilizou-se uma coluna BP20 (SGE) 15 m x 0,25 mm x 0,2 μ m com gradiente de temperatura: 120 °C, 0min, 10 °C/min. até 220 °C; injetor (*split* de 1/50) a 250 °C e detector a 260 °C. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste (3 mL/min.). O software de aquisição de dados utilizado foi EZChrom Elite Compact (Agilent). O volume de injeção foi de 1 μ L.

Amostras de óleos de soja Liza e ORF, antes de suas utilizações experimentais, tiveram suas densidades e índice de acidez determinados e foram encaminhadas para análise cromatográfica, a fim de determinar o perfil dos ácidos graxos presentes nos triglicerídeos que os formavam. Para determinação desse perfil foram realizadas as seguintes etapas:

➤ **Preparo de amostra:** *Hidrólise e metilação de óleos*

Dissolveram-se, em tubo criogênico de 2 mL, ~12 mg da amostra de óleo em 100 μ L de uma solução de etanol (95%)/ hidróxido de potássio 1 mol/L (5%). Após agitação em vórtex por 10 s, o óleo foi hidrolisado em um forno de micro-ondas doméstico (Panasonic NN-ST254W), à potência 60% (420W), durante 6 min. Após resfriamento, adicionaram-se 400 μ L de ácido clorídrico a 20%, uma ponta de espátula de NaCl (~20 mg) e 600 μ L de acetato de etila. Após agitação em vórtex por 10 s e repouso por 5 min., uma alíquota de 300 μ L da camada orgânica foi retirada, colocada em tubos de micro centrífuga e seco por evaporação, obtendo-se assim os ácidos graxos livres (Christie, W. W. 1989). Posteriormente, os ácidos graxos livres foram metilados com 100 μ L de uma mistura de BF₃ / metanol (14%) por aquecimento durante 10 min. em banho de água a 60 °C. Os ácidos graxos metilados foram extraídos com 500 μ L de hexano e analisados por Cromatografia Gasosa.

➤ **Método de análise:** Cromatografia Gasosa

Para aquisição de dados foi usado o Programa EZChrom Elite Compact (Agilent). Utilizou-se uma coluna SUPELCOWAX-10 15 m x 0,2 mm x 0,2 μ m (SUPELCO) com gradiente de temperatura: 120 °C, 0 min., 10 °C/min. até 240 °C; injetor (*split* de 1/50) a 250 °C e detector a 260 °C. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste (4,0 mL/min.) e o volume de

injeção foi 1 μL . A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados Supelco37 Famemix (Supelcocat no 47885-U) (SANDE et al.,2017).

4.1.5 Análise estatística.

Os dados obtidos foram comparados e submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo considerados significativos a 5%. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casual (DIC), em esquema fatorial, sendo eles, tipos de óleos, catalisadores, proporção óleo:metanol e temperaturas. Os valores médios, quando significativos, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os melhores resultados em cada metodologia foram usados como fonte descritiva comparativa.

4.1.6. Purificação da fase glicérica

A fase glicérica apresenta, segundo Geris et. Al, além do glicerol, resíduos de catalisador, sabão e metanol. A fim de purificá-la, foi realizada a seguinte sequência de procedimentos:

1º procedimento: **Pré-purificação:** O ácido fosfórico provoca a neutralização dos sabões (Figura 26) e gliceratos (caso haja) (Figura 27) presentes, originando ácido graxos, glicerol e fosfato (COSTENARO, 2009).

Figura 26 - Neutralização dos sabões presentes na fase glicérica.

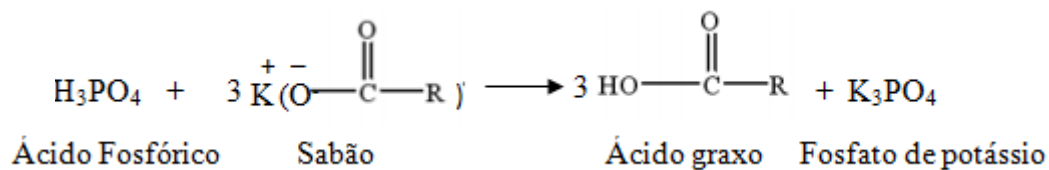
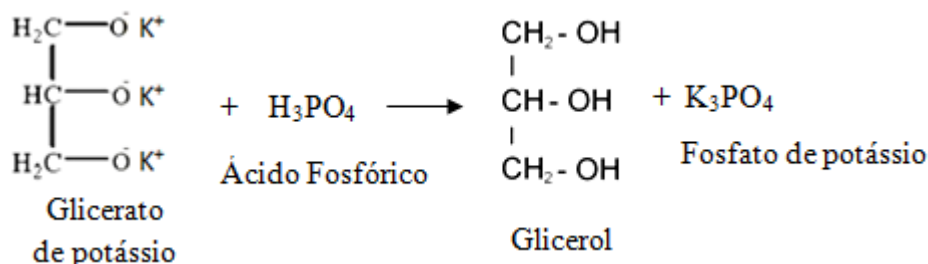


Figura 27 - Neutralização dos glicerato presentes na fase glicérica



Usou-se uma solução de ácido fosfórico a 85% em massa, sob agitação por 30 min. e temperatura de 50° C. A estequiometria usada foi a indicada nos trabalhos de Viesser (2010)

onde, para cada 619 g de glicerina bruta, dissolvem-se 56,0 mL do ácido (Figura 28). Após o tempo estabelecido, manteve-se a mistura em repouso até resfriamento. Submeteu-se esta mistura, trifásica, a uma filtração a vácuo para retenção do sal formado (Figura 29). O sal foi seco e guardado para análise posterior. O filtrado apresentava-se em duas fases, onde a fase superior contém os ácidos graxos e a inferior o glicerol e foi transferido para um funil de decantação (Figura 30). Após decantação, o glicerol foi recolhido em uma proveta e anotado seu volume.

Figura 28 - Fotografia após a neutralização com ácido fosfórico.

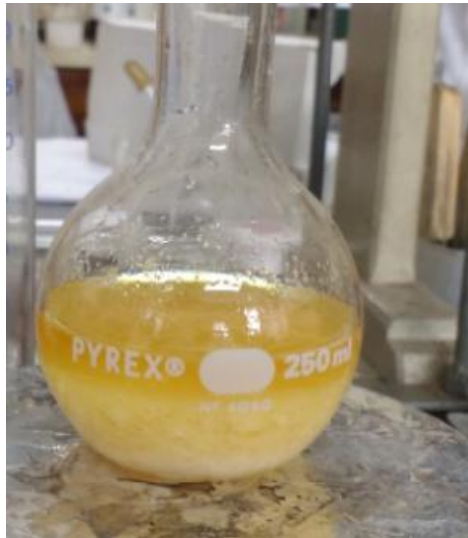
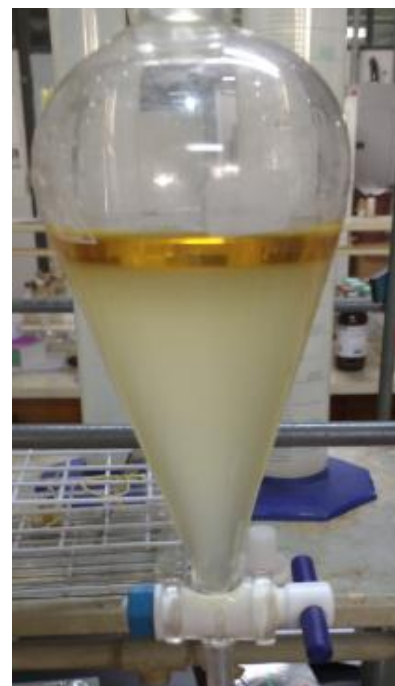


Figura 29- Fotografia da filtração a vácuo após reação de hidrólise.



Figura 30 - Fotografia da decantação dos ácidos graxos e fase glicérica.



2º procedimento: **Purificação com carvão ativado:** Tomando como base o trabalho de Mota et al. (2009) e, havendo necessidade de padronizar uma metodologia, optou-se por dividir a fase pré-purificada em duas frações, deixando uma delas como estoque para posterior repetição, se necessário. A outra fração foi dividida em três partes iguais, pesadas e colocadas em erlemmeyer separados. Adicionou-se carvão ativado seco a 1%, 2% e 3%, em massa, a cada erlemmeyer. As misturas foram agitadas em um agitador orbital a 40 °C por 1 hora. Após esse tempo, a mistura foi submetida a filtração a vácuo para retirada do carvão e resíduos. O volume de glicerol obtido foi medido e encaminhado aos procedimentos de determinação do grau de pureza.

3º procedimento: **Determinação do grau de pureza do glicerol:** Esse procedimento foi realizado por espectroscopia UV-Vis. Para tanto foi necessária uma série de reações para transformar o glicerol presente na amostra em uma substância detectável no aparelho. A metodologia usada foi a proposta por Bondioli e Bella (2005) e consiste nas seguintes etapas:

1ª etapa: Construção de uma curva de calibração utilizando glicerina P.A.: Para tanto foram preparadas soluções de acetilacetona 0,2 mol/L, periodato de sódio 10 mmol/L, acetato de amônio 0,2 mol/L, glicerol P.A. e etanol/água 1:1.

Em um balão volumétrico de 50 mL adicionaram-se 150 mg da glicerina P.A. e completou-se o volume com uma solução etanol/água (1:1) (Solução A). Transferiu-se 1 mL da solução A para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com solução etanol/água (1:1) (solução B). Em diferentes tubos de ensaio de 5 mL adicionaram-se alíquotas de 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 e 2 mL da solução B e completou-se o volume com a solução etanol/água para 2 mL, resultando em amostras de concentrações 0,00387; 0,0077; 0,0116; 0,0155; 0,0193; 0,0232; 0,0271 e 0,0309 mg/mL, respectivamente. Adicionou-se aos tubos 1,2 mL de solução de periodato de sódio (10 mmol/L) como agente oxidante, mantendo sob agitação por 30 s, o que promoveu a transformação do glicerol em formaldeído. Decorrido esse tempo, levaram-se os tubos de ensaio a um banho termostático a 70 °C e acrescentou-se 1,2 mL da solução de acetilacetona (0,2 mol/L). Fez-se agitação manual e resfriaram-se imediatamente os tubos para 20-25 °C. Obteve-se uma solução de cor esverdeada clara (Figura 31) que foi analisada no espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 410 nm, que detecta a substância 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina em solução. A partir desses resultados, construiu-se uma curva de calibração, com concentrações conhecidas que foi utilizada para se determinar a concentração do glicerol nas amostras obtidas. As reações que ocorreram são equacionadas conforme figuras 32 e 33 (SILVA, 2011).

Figura 31 - Solução esverdeada para análise pelo UV-vis.

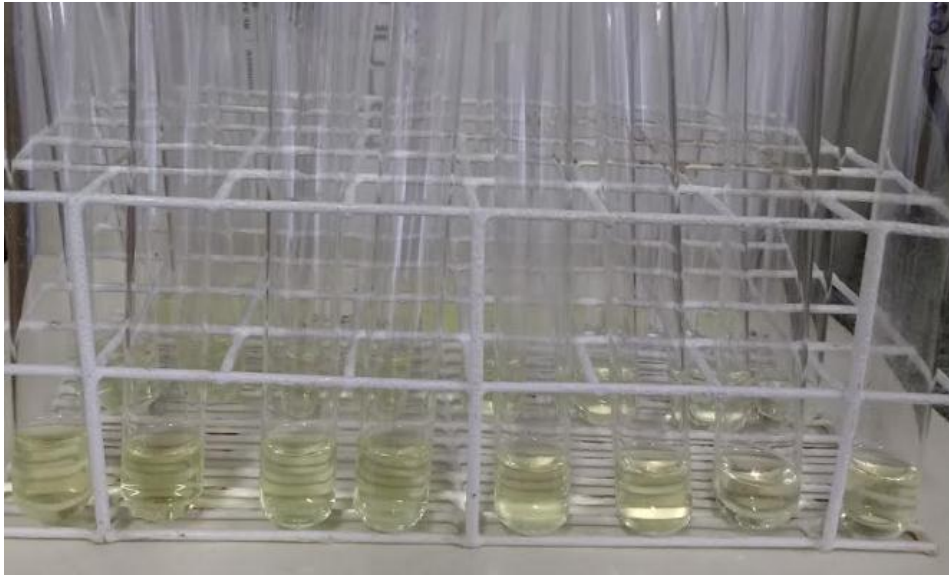
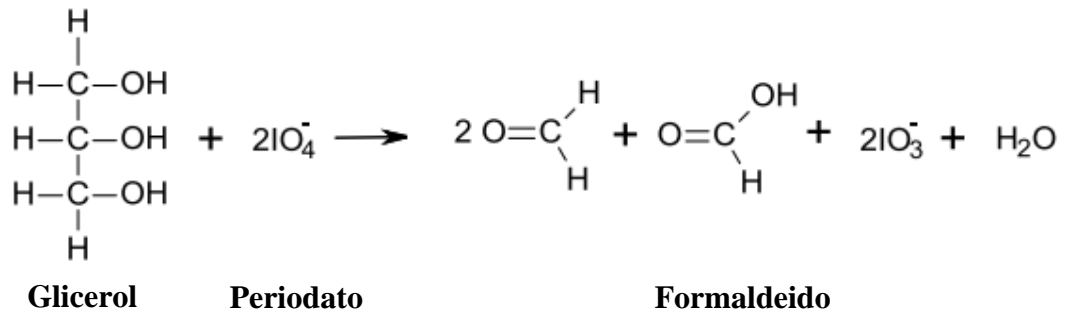
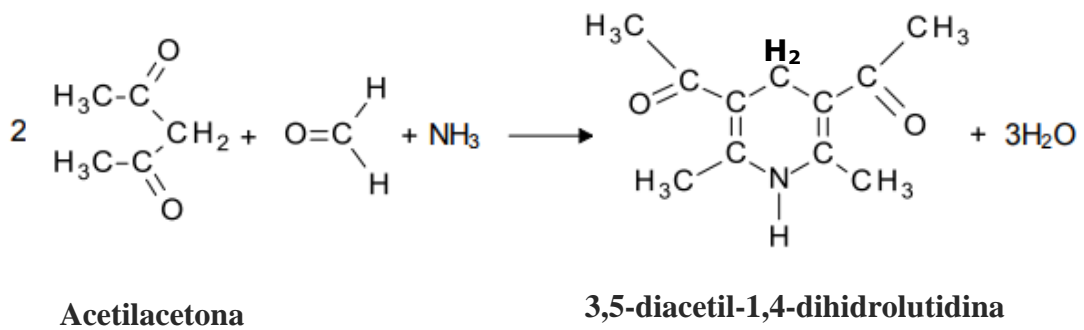


Figura 32 - Equação de oxidação do glicerol por periodato.



Fonte: SILVA, 2011

Figura 33 - Equação de formação da 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina



Fonte: SILVA, 201

2ª etapa: Preparação da solução das amostras com as fases glicéricas.

A determinação do teor de glicerol nas amostras de glicerina purificadas foi realizada preparando-se soluções de acordo com as mesmas etapas apresentadas. Os cálculos das concentrações de glicerol nessas amostras são realizados pelas suas absorvâncias associadas a equação de reta da curva padrão.

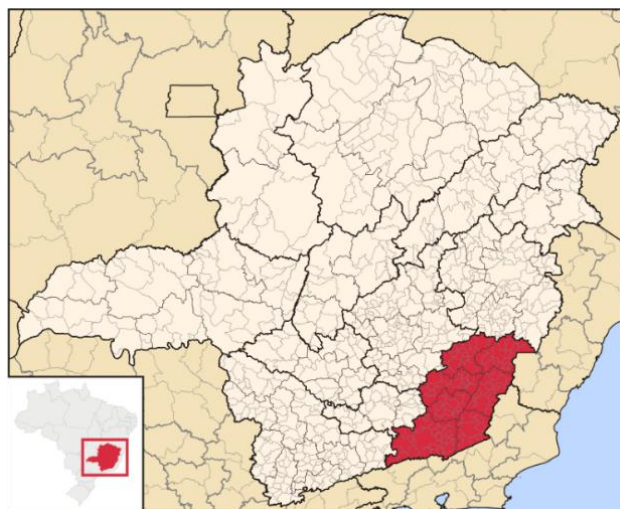
4.2. Pesquisa de campo

4.2.1. Região de estudo

A região estudada foi o município de Ubá - MG, situado na região leste-sul do Estado de Minas Gerais, na Mesorregião classificada como Zona da Mata Mineira, constituindo uma das doze mesorregiões desse Estado brasileiro (figura 34).

Essa mesorregião, segundo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é formada por sete microrregiões: Cataguases, Juiz de Fora, Manhuaçu, Muriaé, Ponte Nova, Ubá e Viçosa. A microrregião de Ubá (figuras 35 e 36) é composta por vinte municípios: Brás Pires, Coimbra, Divinésia, Dolores do Turvo, Ervália, Guarani, Guidoal, Guiricema, Mercês, Piraúba, Presidente Bernardes, Rio Pomba, Rodeiro, São Geraldo, Senador Firmino, Silverânea, Tabuleiro, Tocantins, Ubá e Visconde do Rio Branco. A mesorregião apresentava, segundo dados do censo 2010, uma população de 2.175. 254 habitantes e, a microrregião, 218.193 habitantes (SIDRA-IBGE-2015).

Figura 34 - Mapa da Mesorregião Zona da Mata Mineira.



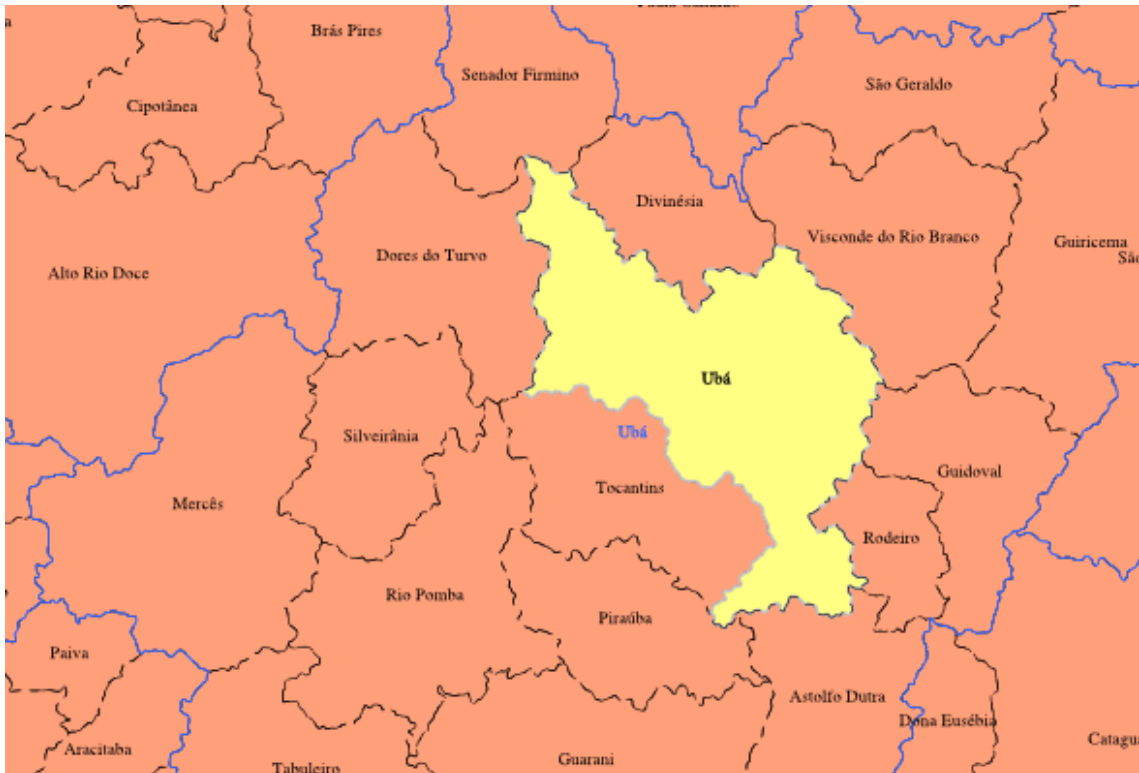
Fonte: SIDRA-IBGE-2015

Figura 35 - Mapa da microrregião de Ubá inserida na Mesorregião Zona da Mata.



Fonte: SIDRA-IBGE-2015

Figura 36 - Mapa dos Municípios que compõem a microrregião de Ubá, M.G.



Fonte: SIDRA-IBGE-2015.

O município de Ubá - MG tem uma área total de 407,542 km² e, no senso de 2010, apresentava uma população de 101.519 habitantes, sendo que a estimativa para 2017 é de 113.300 habitantes (IBGE-2015). Sua densidade demográfica era de 249,16 hab./km². Apresentava 27,9 % de pessoas ocupadas, com média de 1,8 salários mínimos. Seus habitantes são chamados de Ubaenses e é considerada o principal polo moveleiro do Estado de Minas Gerais, sendo famosa nacionalmente por sua manga Ubá. Na área de educação, no ano de 2015, tinha 3.708 alunos matriculados no ensino médio e 12.680 no fundamental, com 97% de alunos de 6 a 14 anos matriculados. Em economia apresenta um PIB per capita de R\$ 21.359,99 e um IDH de 0,729. Em saúde apresenta 50 unidades (SUS) e uma taxa de mortalidade infantil de 11,41 óbitos/1000 nascimentos vivos e 87,8% de domicílios com esgotamento sanitário.

4.2.2. Aplicação dos questionários

Na região de estudo, município de Ubá - MG, realizou-se o levantamento de campo do conhecimento que a população e comerciantes da área alimentícia têm sobre o descarte de óleo de fritura. Para tanto, foram elaborados e aplicados dois questionários distintos. Um foi direcionado aos alunos e seus familiares e, o outro, destinado aos comerciantes da área alimentícia. Embora com direcionamentos diferentes, ambos visavam verificar o conhecimento que os entrevistados apresentavam sobre óleo residual de fritura, seu descarte e aproveitamento, além de permitir uma estimativa quantitativa de seu recolhimento.

4.2.2.1. Questionário 1: Levantamento geral da população sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura (Anexo A).

O questionário foi aplicado entre os meses de abril e novembro de 2017. Para sua aplicação, foi solicitada às escolas da região, permissão para apresentar o tema aos alunos do último ano do ensino fundamental e todas as séries do ensino médio, a fim de orientar sobre o preenchimento do mesmo, que deveria ser feito após consulta aos responsáveis familiares. Nas escolas que responderam positivamente à solicitação, agendou-se a data da visita, destinando um tempo de 10-20 min./sala, onde se abordou o assunto de descarte de óleo de fritura, tomando o cuidado de não influenciar/direcionar as respostas. Ao final da abordagem junto aos alunos, foi-lhes entregue o questionário e marcado data de retorno para recolhimento dos mesmos. Também foi disponibilizado um endereço eletrônico (https://docs.google.com/forms/d/1LLlb4jebRaOUtsQH4b_zHMEBh3RHj9Y4VzNtNzKg/edit), onde poderiam respondê-los diretamente. Após o prazo estipulado, retornou-se às escolas

para recolhimento dos questionários respondidos. Nas escolas visitadas, foram entregues 928 questionários.

Os resultados dessa amostragem casual foram analisados a partir dos percentuais de respostas de cada questão e usados como fator preponderante na estimativa de coleta do óleo residual de fritura na cidade de Ubá - MG e microrregião.

4.2.2.2. Questionário 2: Levantamento junto ao comércio alimentício sobre descarte e aproveitamento do óleo residual de fritura (Anexo B).

O questionário foi aplicado entre os meses de novembro/2017 e janeiro/2018. Para tanto, foi solicitada, junto à prefeitura municipal de Ubá, uma relação dos estabelecimentos comerciais registrados e enquadrados na área alimentícia. Como resposta foi fornecida três Listagens das Inscrições Econômicas por Atividade Econômica, emitidas no dia 15/09/2017, cujos resultados estão na tabela 12.

Tabela 12 - Listagem das atividades na área alimentícia em Ubá.

Código	Atividade	Caracterização	Quantidade
5611-2/01	Inicial	Restaurantes e similares	102
5611-2/02	Inicial	Bares e outros estabelecimentos especializados	177
5611-2/03	Inicial	Lanchonetes, Casas de Chá, de Sucos e similares	267
TOTAL			546

Fonte: PMU-M.G.

Observou-se que, desse total, 115 estabelecimentos estão repetidos em diferentes códigos, o que resulta em 431 estabelecimentos cadastrados e em atividade. Desses estabelecimentos, 129 encontram-se na região da cidade de Ubá, identificados como Centro, o que corresponde a 29,9% deles. Essa região foi escolhida para aplicação do questionário. A abordagem foi feita de forma individual, junto a proprietários, gerentes ou empregados dos estabelecimentos. Para melhor tabular os resultados, foi elaborado um gabarito de respostas, de modo que o questionário era aplicado, lendo-se as perguntas e as respostas eram inseridas nele (anexo C). Os resultados dessa tabulação tiveram o mesmo tratamento estatístico e finalidades do outro questionário.

No período de aplicação do questionário foi verificado que alguns estabelecimentos comerciais entregavam seu óleo residual de fritura à uma empresa localizada na cidade de Viçosa-MG. Em vista disso, foi agendada uma visita à empresa ECOLOGIK Viçosa, junto a

seu proprietário Fernando Tadeu Fonseca. Nessa visita verificou-se, através das planilhas apresentadas, que eram coletados óleo residual de fritura em Viçosa, Ouro Preto, Muriaé, Visconde do Rio Branco, Cataguases, Leopoldina, Ubá e outras cidades da região, além de cidades do estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Em média, a empresa recolhia óleo suficiente para gerar 32.000 L/mês, após filtração. Esse volume era vendido à empresas de São Paulo, destinando-se às indústrias de biodiesel daquele estado e Paraná (Figura 37).

Figura 37 - Veículo usado para coleta do óleo residual de fritura.



4.3. Estudo da viabilidade técnica e econômica de produção de biodiesel pela utilização de óleo residual de fritura recolhido na área de estudo.

A partir dos resultados obtidos na 2ª fase dessa pesquisa associados a dados secundários obtidos em trabalhos semelhantes em diferentes regiões, principalmente os estabelecidos por pesquisas desenvolvidos por Barbosa (2014), Castellaneli (2008) e Christoff (2006), efetuou-se estudos junto a um Engenheiro Ambiental visando o licenciamento ambiental, à empresas de venda de maquinários e insumos para levantamentos de valores atualizados, à empresa de empreendimentos imobiliários levantando valores de imóveis (lotes e galpões) para compra e/ou aluguel, além de sites de informações sobre encargos trabalhistas e tributários, visando a implantação de uma mini usina de biodiesel com capacidade de processar 60.000L de óleo/mês, na região de estudo. Com a coleta dos dados fez-se uma análise do potencial técnico e econômico da implantação de uma indústria de biodiesel na região de estudo, focado no tripé “potencial de produção - sustentabilidade ambiental-rentabilidade/desenvolvimento regional”.

5.1. Caracterização dos óleos

5.1.1. Densidade, índice de acidez e porcentagem de acidez

A densidade é um parâmetro de fundamental importância, segundo Brock et al. (2008), para que as indústrias de produção e refino de óleos definam a consecução de etapas, de equipamentos e processos para a especificação dos produtos. Essa densidade está diretamente relacionada à sua composição em ésteres de ácidos graxos e/ou presença de impurezas (MARQUES, 2008). Reda et al. (2007) corrobora acrescentando que além dos ésteres de triacilgliceróis, os óleos e gorduras apresentam vários componentes em menor proporção, como mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres, tocofenol, proteínas, esteróis e vitaminas. O índice de acidez total quantifica o teor de ácidos graxos livres nas amostras.

As densidades, índice de acidez e % de acidez dos OSL, ORF não filtrado e ORFFV são dadas na tabela 13.

Tabela 13 - Resultados de densidades, índice de acidez e % de acidez dos óleos.

Óleos	Densidade (Kg/m ³)	Índice de acidez (mg de KOH/g)	% de Acidez (m/m)
Soja Liza (OSL)	922,43	0,125	0,062
Residual de fritura não filtrado (ORF)	926,27	1,112	0,558
Residual de fritura filtrado a vácuo (ORFFV)	923,41	0,589	0,295

A regulamentação técnica desses parâmetros, estabelecida pela resolução 270/2005 da ANVISA, define os patamares presentes na tabela 14:

Tabela 14 - Regulamentação técnica estabelecida pela ANVISA.

		Limites
Característica	Unidade	Óleo refinado de soja
Densidade relativa	Kg/m ³	919-925
Acidez, Max.	gramas de ácido oléico/100g	0,3 (máx.)

Fonte: ANVISA

Observa-se que o óleo refinado de soja e o óleo residual de fritura filtrado à vácuo estão dentro dos padrões de densidade e acidez; o óleo residual de fritura sem filtração tem densidades e acidez acima dos limites estabelecidos. A acidez Max. referida pela ANVISA é determinada

pelo método IAL 325/IV-2008, que orienta a divisão dos resultados obtidos em “mg KOH/g” pelo fator de 1,99 resultando em “gramas de ácido oléico/100g” (INSTITUTO ADOLF LUTZ-2008)

O fato das densidades dos óleos residuais de fritura serem maiores quando comparado ao óleo refinado deve-se ao teor de impurezas provenientes dos alimentos. A filtração à vácuo promoveu uma redução dessa densidade, indicando que houve retenção de impurezas sólidas durante essa etapa.

Os óleos residuais de fritura apresentaram um maior índice de acidez total quando comparado ao óleo refinado. Esse aumento de acidez deve-se à água proveniente dos alimentos, submetida a altas temperaturas durante as frituras, favorecer a hidrólise dos triacilglicerídeos, promovendo a liberação de ácidos graxos livres, glicerina, mono e diglicerídeos (REDA et al., 2007).

Segundo Freedman et al. (1984), para uma boa conversão de triacilgliceróis em ésteres, via rota alcalina, os óleos usados devem ter uma acidez abaixo de 0,5% (m/m). Van Gerpen et al. (2004) enfatiza que a elevada acidez não é recomendada devido o catalisador alcalino ser consumido pelos ácidos graxos, diminuindo sua quantidade disponível no meio reacional, acarretando um aumento no tempo da reação e Visentainer (2013) acrescenta que essa saponificação aumenta a solubilidade dos ésteres formados em meio ao glicerol, atrapalhando a separação de fases e promovendo perdas dos ésteres obtidos. Observa-se que a filtração à vácuo promoveu a diminuição da acidez da amostra recolhida a um valor que atende à essa determinação, sem a necessidade de utilização de neutralização via ácida. Esse fator foi preponderante para que na continuação das etapas fosse usada apenas a filtração à vácuo como método de purificação do óleo residual de fritura.

5.1.2. Perfil dos ácidos graxos dos óleos utilizados.

As amostras de OSL e ORFFV foram encaminhadas ao CG-FID e, após hidrólise, determinou o perfil de ácidos graxos presentes, indicando a sua composição nos triacilgliceróis das amostras cujos resultados estão demonstrados na tabela 15.

Tabela 15 – Perfil dos ácidos graxos que compõem os triacilgliceróis dos óleos

Composição	Ácidos graxos	OSL (%m/m)	ORFFV (%m/m)	Costa Neto (2000) (%m/m)
C12:0	Láurico	0,0	0,0	0,1 (max.)
C14:0	Mirístico	0,0	0,0	0,2 (max.)
C16:0	Palmítico	10,7	11,6	9,9-12,2
C16:1(9)	Palmitoléico	0,8	0,3	traços-0,2
C18:0	Estearico	4,1	3,6	3,0-5,4
C18:1(9)	Oléico	22,7	24,4	17,7-26,0
C18:2(9,12)	Linoléico	48,9	51,4	49,7-56,9
C18:3(9,12,15)	Linolênico	6,4	3,4	5,5-9,5
C20:0	Araquídico	0,3	0,3	0,2-0,5
C22:0	Behêmico	0,0	0,0	0,3-0,7
Outros		6,1	2,4	

Pode-se observar que, tanto no OSL quanto no ORFFV, os ácidos graxos presentes em maior porcentagem são, em ordem, o C18:2 (Linoléico), C18:1 (Oléico) e C16:0 (Palmítico), demonstrando uma predominância dos insaturados, o que é característica dos óleos vegetais e estão dentro dos padrões estabelecidos por Costa Neto (2000). Essas variações segundo o mesmo autor podem ser explicadas pela forma de refino, no caso de óleo de soja, e de degradação por reações tanto hidrolíticas quanto oxidativas, para o óleo residual de fritura.

A partir do perfil dos ácidos graxos nas amostras foi possível a determinação de suas composições químicas em triacilgliceróis (triglicerídeos) e as massas molares das amostras, cujos valores estão presentes na tabela 16.

Tabela 16 - Determinação das massas molares médias dos óleos.

Ácidos Graxos	Triacilglicerol	Massa Molar (M.M.) (g/mol)	Porcentagem	
			OSL	ORFFV
C16:0	C ₅₁ H ₉₈ O ₆	806	10,7	11,6
C16:1	C ₅₁ H ₉₂ O ₆	800	0,8	0,3
C18:0	C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	890	4,1	3,6
C18:1	C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	22,7	24,4
C18:2	C ₅₇ H ₉₈ O ₆	878	48,9	51,4
C18:3	C ₅₇ H ₉₂ O ₆	872	6,4	6,0
C20:0	C ₆₃ H ₁₂₂ O ₆	974	0,3	0,3
Σdas porcentagens	-----	-----	93,9	97,6
Média ponderada das M.M.(g/mol)	-----	-----	871,00	871,07

5.2. Obtenção de biodiesel.

Os experimentos descritos nas metodologias foram feitos em triplicata. Estabeleceu-se como padrão, por uma questão de economia de reagentes, que seria repetido as análises quando os resultados apresentassem uma diferença superior a 5%, em porcentagem de éster metílico. Após a obtenção dos dados, fez-se uma análise descritiva usando os melhores resultados obtidos em cada metodologia, comparando-os quanto à porcentagem de éster e rendimento. A demonstração dos cálculos de rendimento será apresentada usando os resultados da metodologia 1, juntamente com seu cromatograma e tabela de teor de ésteres. A partir dessa demonstração é possível se calcular os resultados de rendimento nos experimentos das outras metodologias, usando a tabela de informações que será fornecida.

Considerando que os OSL e ORFFV apresentaram um valor inferior a 0,5% m/m em acidez, não foi necessário o pré-tratamento por neutralização, partindo-se para suas transesterificações diretas. O OSL apresenta uma densidade de $0,92243\text{g/cm}^3$ e $MM=871,00\text{g/mol}$. O cálculo do número de mols de triacilglicerol em 100 cm^3 desse óleo, foi realizado usando a seguinte expressão:

$$\eta = \frac{100\text{cm}^3 \times 0,92243\text{g/cm}^3}{871,00\text{ g/mol}} \quad \eta = 0,10590\text{ mol.}$$

O Metanol usado apresenta uma densidade de $0,79\text{g/cm}^3$ e $MM=32,04\text{ g/mol}$. Seu número de mol terá que ser 8 vezes maior (proporção Óleo: metanol=1:8). O volume correspondente a essa relação foi calculado usando a expressão:

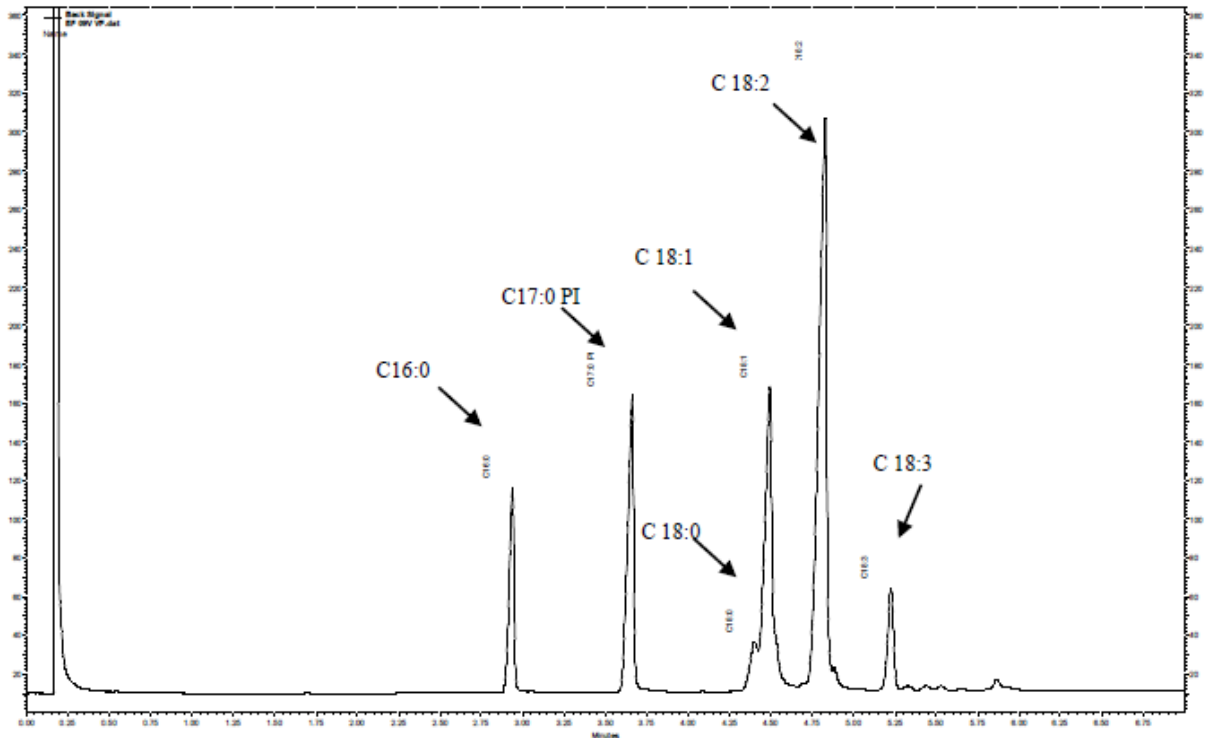
$$V = 8 \cdot \frac{0,10590\text{ mol} \times 32,04\text{g/mol}}{0,79\text{ g/cm}^3}$$

$$V = 34,35\text{ cm}^3\text{ de metanol}$$

Após o experimento, obteve-se $97,4\text{cm}^3$ de biodiesel, cuja massa foi de $86,97040\text{g}$, correspondendo a uma densidade de $0,89292\text{ g/cm}^3$.

A amostra foi identificada como EF-09V-Vf encaminhada para o laboratório de cromatografia do departamento de química da UFMG. Os resultados da análise estão demonstrados no cromatograma representado pela figura 38 e pela tabela 17.

Figura 38 - Cromatograma da amostra EF 09V Vf



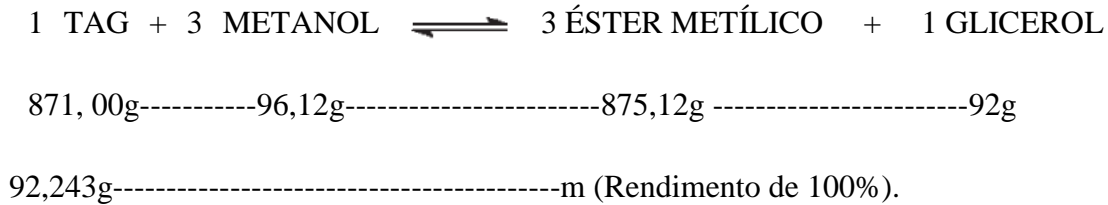
Usando o padrão interno é estabelecido o teor de éster metílico na amostra e seu resultado enviado pelo laboratório de cromatografia encontra-se na tabela 18.

Tabela 17 - Teor de éster metílico na amostra de biodiesel EF 09V Vf.

Ácido Graxo	EF 09V Vf
	area
C16:0	1757453
C17:0 (PI)	2970685
C18:0	541971
C18:1	4183670
C18:2	7925236
C18:3	1000575
Pesagem (mg)	5.4
Concentração (mg/mL)	10.8
Biodiesel	
Concentração (mg/mL) C17:0 PI	2.00
Área C17:0 PI	2970685
Área Total	18428237
Área Esteres	15457552
Concentração (mg/mL) Esteres	10.41
Teor de Esteres (%)	96.36

A partir dos resultados, faz-se a estequiometria da reação e obtém-se o seu rendimento conforme demonstrado abaixo:

Equação geral:



$$m = 92,6792\text{g (massa teórica)}$$

- Massa de éster metílico na amostra = $86,97040 \times 96,36\% = 83,80467$
- Rendimento (R) $\rightarrow R = \frac{83,80467\text{g}}{92,6792\text{g}} \times 100 = \mathbf{90,42\% \text{ de rendimento}}$

Esses cálculos foram realizados em todos os outros experimentos, anotando-se valores de volumes e densidades dos biodieseis obtidos e suas porcentagens de ésteres, e obtendo-se os rendimentos. Os resultados contendo os maiores valores em ordem de % de éster encontram-se na tabela 18.

Tabela 18 - Resultados dos experimentos com os maiores resultados em % de ésteres.

Metodologia	Resultados/ Amostras	V_{BIODIESEL} (cm³)	d_{BIODIESEL} (g/cm³)	% de éster	Rendimento
1	KOH 1:8 09V-Vf	97,4	0,89292	96,36	90,42
2	NaOH 1:8 19VC1-RA	96	0,88932	96,18	88,60
3	KOH1:8 19VC2-BN	94	0,89551	93,64	84,95
	NaOH1:8 19VC1-BN	93	0,88060	90,54	79,91
4	KOH1:4 C2-26	89	0,87012	99,90	83,37
	NaOH1:4 C1-26R	90	0,86601	92,97	78,09
5	KOH1:8 C2-26-8R	93	0,87323	91,86	80,40
	KOH1:4 C2-26-4R	90	0,86158	93,92	78,49
	NaOH1:8 C1-26-8	91	0,86093	93,89	79,27
	NaOH1:4 C1-26-4R	90	0,86987	90,14	76,05

Os valores apurados demonstram que reações usando KOH como catalisador e proporção óleo: álcool de 1:8, tanto partindo de OSL, quanto ORFFV, dão resultados maiores, tanto em rendimento, quanto em % de éster no biodiesel; que é possível ser obtido biodiesel com % de éster e similares aos tradicionais usando ORFFV a temperatura ambiente e sem necessidade de etapas de neutralização, fazendo a lavagem do biodiesel com água. O uso do ORFFV à temperatura ambiente tem os rendimentos menores.

5.3. Análise estatística dos resultados

5.3.1. Porcentagem do éster presente no biodiesel obtido pelas metodologias 1 e 2.

A análise da variância foi feita usando o resultado gerado na tabela 19. A proporção óleo: metanol apresenta um p-value inferior a 0,05 e isso demonstra que a hipótese nula deve ser rejeitada, ou seja, as diferentes proporções usadas resultaram em biodieseis com % de ésteres estatisticamente distintos. A análise dessa significância pode ser visualizada pela comparação entre os valores médios de % ésteres obtidos que estão nas tabelas 20 e 21.

Tabela 19 - Análise de variância (ANOVA) da % de Ester presente no óleo se soja Lisa na temperatura indústria.

FV	G.L	SQ	QM	F _{calc}	p-value
Catalisador (C)	1	4.3	4.3	0.678	0.434
Proporção (P)	1	354.2	354.2	55.476	7.28 x 10 ^{-05***}
C * P	1	6.3	6.3	0.98	0.351
Resíduo	8	51.1	6.4		
Total	11	415,9			

Grau de liberdade (G.L), Soma de quadrado (SQ), quadrado médio (QM), teste de Fisher calculado (F_{calc}) e valor da probabilidade de significância (p-value)

Tabela 20 - Valores médios de % de Ester em função das proporções óleo: metanol

Proporção	% Ester
1:8	95.76 A
1:4	84.90 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tobey.

Tabela 21 - Valores médios de % de Ester em função dos catalisadores.

Catalisador	% Ester
NaOH	90.90 A
KOH	89.73 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tobey.

A proporção 1:8 (tabela 20) resulta em um biodiesel com % de éster maior. Isso pode ser atribuído ao fator cinético de concentração dos reagentes onde se estabelece que quanto maior for a concentração deles maior será a velocidade da reação, ou seja, a reação se completa ou atinge seu equilíbrio químico em um menor tempo. Como o tempo reacional foi pré-estabelecido, ao seu final detectou-se um maior percentual de produto obtido quando se usou um maior excesso do álcool.

A variação dos catalisadores não gerou biodiesel com % de ésteres estatisticamente diferentes (tabela 21).

5.3.2. Porcentagem de éster obtido pelo uso das metodologias 3 a 5.

A análise da variância foi realizada usando os resultados obtidos pela tabela 22 onde se estuda a interferência dos fatores catalisadores, proporção óleo: álcool e temperatura nos experimentos com ORFFV

Tabela 22 - Análise de variância (ANOVA) da % de Ester presente no biodiesel a partir de óleo residual de fritura (ORFFV).

FV	G.L	SQ	QM	F_{calc}	p-value
Catalisador (C)	1	16.73	16.73	11.35	0.0039
Proporção (P)	1	3.18	3.18	2.15	0.1616
Temperatura (T)	1	5.44	5.44	3.69	0.0727
C * P	1	4.81	4.81	3.26	0.0899
C * T	1	0.01	0.01	0.00	0.9525
P * T	1	2.14	2.14	1.45	0.2456
C * P * T	1	16.24	16.24	11.01	0.0043**
Resíduo	16	23.59	1.47		
Total	23	72.13	3.14		

** Significativo a 1 % de probabilidade. Grau de liberdade (G.L), Soma de quadrado (SQ), quadrado médio (QM), teste de Fisher calculado (F_{calc}) e valor da probabilidade de significância (p-value)

Observa-se através do valor p-value inferior a 5% que houve uma interação significativa entre os fatores Catalisadores (C), Proporções (P) e Temperaturas (T). O estudo dessas interações foi realizado pelos desdobramentos dos valores médios dentre eles, cujos resultados foram analisados conforme os dados apresentados nas tabelas 23 a 26.

Tabela 23 - Valores médios de % de Ester dos desdobramentos dos fatores Catalisadores e temperatura no fator proporção de 1:8.

Catalizador	Temperatura Industrial (45° C)	Temperatura Ambiente (25° C)
NaOH	89.37 Ba	89.49 Aa
KOH	93.61 Aa	90.38 Ab

Medias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na proporção de 1:8 e temperatura industrial, o uso do catalisador KOH resultou em maior valor de % de éster em comparação ao NaOH, contudo, na temperatura ambiente o catalisador não promoveu resultados estatisticamente diferentes entre eles. O catalisador KOH atua promovendo reações com produção de maiores % de éster na temperatura indústria, mas o NaOH não interfere nos resultados quando se varia a temperatura (tabela 23).

Tabela 24 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores Catalisadores e temperatura na proporção de 1:4.

Catalizador	Temperatura Industrial (45° C)	Temperatura Ambiente (25° C)
NaOH	92.04 Aa	92.46 Aa
KOH	91.20 Aa	90.07 Ba

Medias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na proporção de 1:4, não houve diferenças estatísticas entre os catalisadores na temperatura industrial, entretanto, na temperatura ambiente houve diferenças estatísticas entre eles, sendo que a o maior valor médio de % de éster foi obtido na presença do catalisador NaOH. Ambos os catalisadores promovem reações, nas diferentes temperaturas, com produção de amostras que apresentam % de éster sem diferenças estatísticas (tabela 24).

Tabela 25 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores proporção e temperatura no catalisador NaOH.

Proporção	Temperatura Industrial (45° C)	Temperatura Ambiente (25° C)
1:8	89.37 Ba	89.49 Aa
1:4	92.04 Aa	90.07 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O uso do catalisador NaOH, na temperatura industrial, promove reação com formação de maior % de éster, quando se realiza experimentos na proporção de 1:8, entretanto, na temperatura ambiente a variação de proporção não interfere nos resultados. Tanto na proporção 1:8 quanto na 1:4 a variação de temperatura não promove resultados estatisticamente diferentes (tabela 25).

Tabela 26 - Valores médios de % de Éster dos desdobramentos dos fatores proporção e temperatura no catalisador KOH.

Proporção	Temperatura Industrial (45° C)	Temperatura Ambiente (25° C)
1:8	93.61 Aa	90.38 Ab
1:4	91.20 Ba	92.46 Aa

Medias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na temperatura industrial a utilização do catalisador KOH na proporção 1:8 resultou em % de ésteres maiores do que na proporção 1:4, contudo na temperatura ambiente a variação de proporção não resulta em diferenças estatísticas dos valores obtidos. Quando se analisa a variação de temperatura, na proporção 1:8 a temperatura industrial resultou em % de éster maior que no ambiente, mas na proporção 1:4 tal fato não é observado (tabela 26).

O comparativo dos resultados permite demonstrar que:

- a) Quando houve interferência da temperatura, a temperatura industrial produziu maior % de éster que nas condições ambientes.
- b) Quando houve interferência de proporção, a 1:8 é mais eficaz associada ao KOH e a 1:4 ao NaOH.
- c) Quando houve interferência do catalisador, o KOH mostrou-se mais eficaz na proporção de 1:8 e o NaOH na proporção de 1:4.

5.3.3. Porcentagem de Éster obtido pela diferença entre os óleos na temperatura industrial.

A análise da variância foi realizada usando os resultados obtidos pela tabela 27, onde se estuda a interferência dos fatores catalisadores, proporção óleo: álcool e óleos.

Tabela 27 - Análise de variância (ANOVA) da % de éster presente nos biodieseis originados por OSL e ORFFV, na temperatura industrial.

FV	G.L	SQ	QM	F_{calc}	p-value
Óleos (O)	1	8.92	8.92	2.61	0.1260
Catalizador (C)	1	0.37	0.37	0.11	0.7454
Proporção (P)	1	172.89	172.89	50.47	0.0000
O * C	1	12.62	12.62	3.69	0.0729
O * P	1	181.36	181.36	52.95	0.0000**
C * P	1	23.81	23.81	6.95	0.0180*
O * C * P	1	1.80	1.80	0.53	0.4788
Resíduo	16	54.81	3.43		
Total	23	456.59	19.85		

** e * Significativo a 1 e 5 % de probabilidade. Grau de liberdade (G.L), Soma de quadrado (SQ), quadrado médio (QM), teste de Fisher calculado (F_{calc}) e valor da probabilidade de significância (p-value)

Observa-se através do valor p-value inferior a 5% que houve uma interação significativa entre os fatores Catalisadores (C) com Proporções (P) e óleo (O) com proporção (P). O estudo dessas interações foi realizado pelos desdobramentos dos valores médios dentre eles, cujos resultados foram analisados conforme os dados apresentados nas tabelas 28 e 29.

Tabela 28 - Valores médios de % de éster dos desdobramentos dos fatores óleos e proporção óleo: álcool.

Tipos	Proporção 1:8	Proporção 1:4
OSL	95.77 Aa	84.90 Bb
ORFFV	91.49 Ba	91.62 Aa

Medias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O OSL, na proporção de 1:8, produz biodiesel com maior % de éster do que quando se usa o ORFFV, enquanto que na proporção de 1:4 a maior % de éster foi obtida usando o ORFFV. Quando se usa o OSL, a proporção 1:8 produz resultados maiores de % de ésteres do que a proporção de 1:4. No uso do ORFFV, não há diferenças estatísticas pela variação das proporções (tabela 28).

Tabela 29 - Valores médios de % de éster dos desdobramentos dos fatores proporção e catalisador.

Proporção	NaOH	KOH
1 : 8	92.50 Aa	89.13Ab
1 : 4	94.75 Aa	87.39 Ab

Medias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tanto na proporção 1:8 quanto na 1:4, o uso do catalisador NaOH apresentou resultados médios de % de ésteres maiores em relação ao KOH. As variações de proporção, tanto para o NaOH, quanto para o KOH não interferiram no resultado das porcentagens de éster (tabela 29)

O comparativo dos resultados permite demonstrar que:

- a) Quando há interferência da proporção, 1:8 promove maiores resultados de % de éster.
- b) quando há interferência de catalisador, o NaOH mostrou-se mais eficaz que o KOH.
- c) Quando há interferência do óleo, na proporção de 1:8 os melhores resultados foram obtidos com o OSL enquanto na proporção de 1:4 foi com o ORFFV.

Os resultados das três análises estatísticas realizadas corroboram com as evidências apresentadas por diferentes autores, podendo-se citar que: Quanto ao estudo da proporção óleo: álcool, Nascimento et al. (2009), demonstrou em seus experimentos que a proporção óleo; metanol de 1:8,57 com catalisador KOH resultou em maiores percentual de éster. Morandim et al.(2008) diferencia indicando que para o uso de óleo de fritura a melhor proporção é de 1:7 e usando óleo de soja a melhor proporção é 1:8. Observa-se na literatura uma constante citação de estudos entre relação óleo: álcool (VICENTE, et al., 1998; LOPES et.al., 2015), indicando ser esse um fator determinante nos resultados de % éster no biodiesel. Quanto ao comparativo entre catalisadores existem divergências entre autores, sendo que Dib (2010) citou vários trabalhos que determinaram o NaOH com melhores rendimentos e Moraes (2011) especificou os que apresentaram o KOH como melhor rendimento. Em muitos desses trabalhos observa-se que os rendimentos são próximos e indicam a escolha industrial do NaOH como catalisador pelo fator preço desse ser mais baixo.

Mais recentemente, trabalhos realizados por Kudre et al. (2017) e Quanji et al. (2016) indicam que os melhores rendimentos da reação, após análise de variância, foi usando

catalisador KOH a 1% e 1,2 % em massa, a uma temperatura entre 55-60⁰ C e proporção de óleo: metanol de 1:6 e 1:9, respectivamente. Nesses casos o biodiesel originários de óleo residual de fritura apresentaram porcentagem de éster superior a 96,5% de pureza e rendimentos da ordem de 90%. Contradizendo-os, resultados dos trabalhos apresentados por Atapour (2014) e Lopes (2016), indicam melhores resultados usando catalisador NaOH a 1% em massa, com razão molar de 1:9 e 1:12 e temperaturas entre 45-55⁰ C. Quanji et al.(2016), em um segundo trabalho, demonstrou que em escala industrial, usando uma temperatura de 90⁰ C e razão molar de 1:9, o NaOH apresentava rendimentos maiores, na ordem de 93,5%, com porcentagem de éster de 98,7%.

Nesse trabalho, à temperatura de 45-55⁰ C, o KOH apresentou resultados maiores e na temperatura ambiente os melhores resultados foram com o NaOH; quanto à temperatura, em todos os trabalhos de obtenção de biodiesel citados, em que esse fator foi usado como diferencial, observou-se que o seu aumento interfere positivamente sobre o rendimento do processo. Os melhores resultados usando maiores temperaturas e razão molar podem ser explicados pela Lei da ação das massas ou Lei de Guldberg Waage que estabelece que um aumento de temperatura promove um aumento na velocidade das reações e que a velocidade de uma reação varia diretamente proporcional às concentrações dos reagentes elevadas a expoentes determinados experimentalmente; quanto aos catalisadores, o íon K⁺ por ser maior apresenta uma energia de rede menor que o íon Na⁺, daí a interação iônica no metóxido de sódio ser mais forte que no de potássio e isso pode ser um fator determinante na segunda etapa onde o metóxido deverá estar livre para atacar o centro nucleófilo do Triacilglicerol. A quebra dessas ligações iônicas no metóxido de sódio necessita de uma maior energia e com isso a velocidade da reação tende a ser menor.

5.4. Purificação da fase glicérica.

Nos experimentos usando a metodologia 1, após a decantação e extração do biodiesel, foi obtido 115 ml da fase glicérica, correspondendo a uma massa de 109,44g. Após a pré-purificação, essa fase passou a ter uma massa de 87g. A porção pré-purificada e as porções purificadas com carvão ativado foram analisadas por UV-vis e através das absorvâncias registradas foi possível se calcular a porcentagem de glicerol. Para tanto, usou-se como base, a equação de reta obtida pela curva de calibração, concentrações e absorvâncias representada pela figura 39.

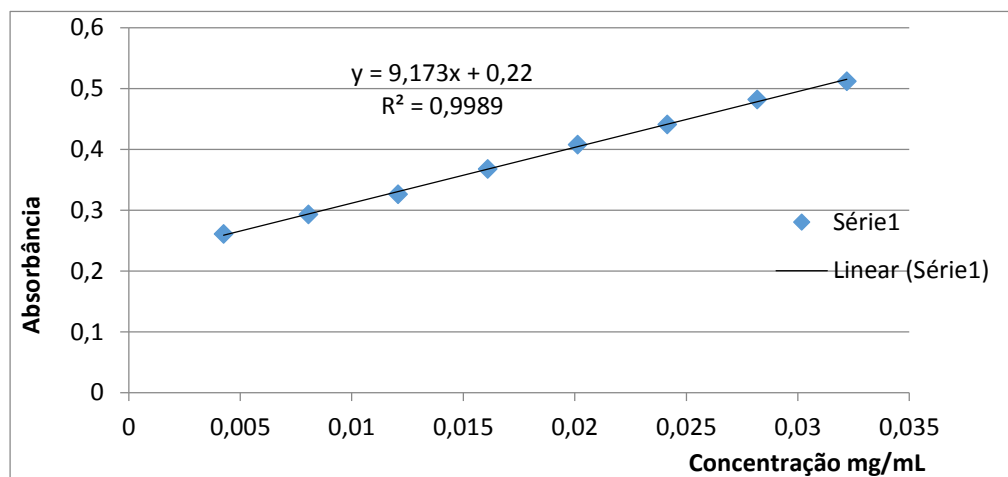
5.4.1. Construção da curva de calibração

Usou-se uma massa de 161mg de glicerol 99,5% na preparação da solução padrão. Após as diluições e reações propostas por Bandioli e Bella (2005), cujas concentrações e absorbâncias detectadas pelo UV-vis encontra-se na tabela 30, construiu-se a curva de calibração presente na figura 39, cuja equação de reta foi usada para a determinação do teor de glicerol nas fases glicéricas obtidas.

Tabela 30 - Concentração, absorbância e curva de calibração do glicerol.

Concentração (mg/cm ³)	0,004	0,008	0,012	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032
Absorbância	0,256	0,293	0,328	0,362	0,404	0,441	0,478	0,512

Figura 39 - Curva de calibração do glicerol



5.4.2. Determinação do teor de glicerol na amostra pré-purificada.

Foram pesadas amostras de 172 mg (amostra 1) e 168 mg (amostra 2) e realizada as diluições conforme metodologia e encaminhadas ao UV-vis. As Absorbâncias anotadas estão na tabela 31.

Tabela 31 - Absorbâncias obtidas das amostras de glicerol pré-tratado.

Amostra	Absorbâncias							
1	0,238	0,256	0,273	0,295	0,313	0,329	0,345	0,361
2	0,237	0,255	0,271	0,294	0,312	0,327	0,343	0,359

O processo de preparação da alíquota que foi levado ao UV-vis pode ser esquematizado conforme a figura 40.

Com as informações da equação da curva de calibração e absorbâncias, o cálculo da porcentagem de glicerol nas amostras foi realizado usando a seguinte formulação:

$$Y = 9,173X + 0,22 \quad (X = \text{Concentração e } Y = \text{Absorbância})$$

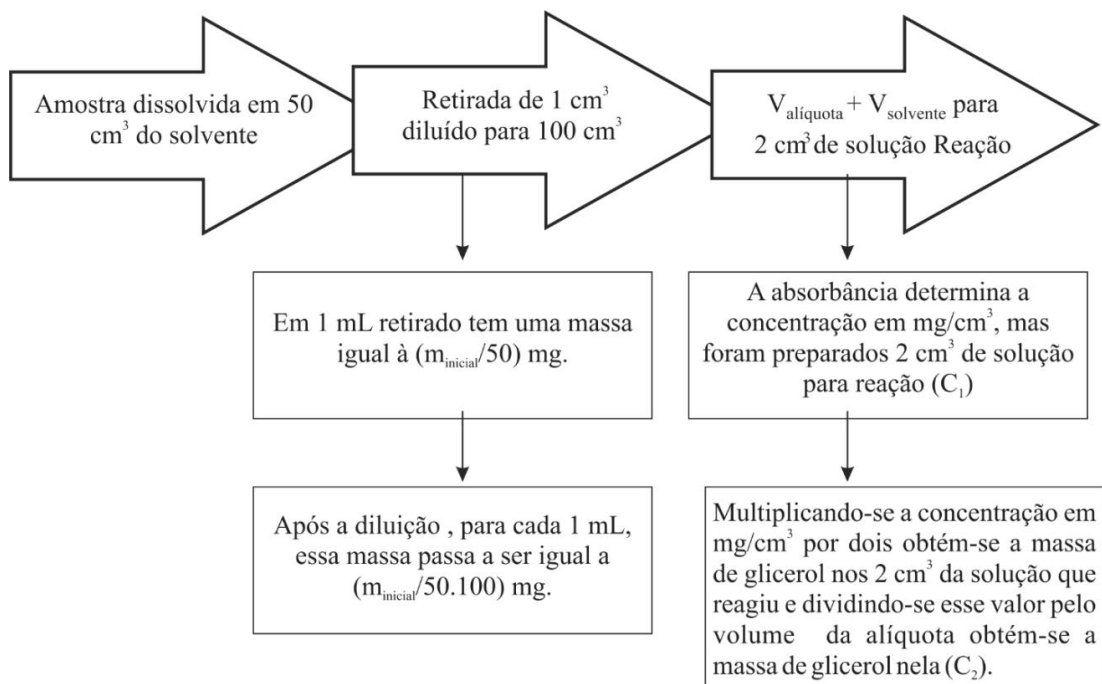
$$X = C_1 = \frac{Y - 0,22}{9,173} \quad \rightarrow \quad C_1 \times 2 = m_2 \times V_{\text{alíquota}}$$

$$m_2 \times 100 \times 50 = m_3 \quad (\text{massa de glicerol na amostra}).$$

$$\% \text{ glicerol na amostra} = \frac{m_3}{m_{\text{amostra}}} \times 100.$$

Aplicando-se a fórmula determina-se que as amostras 1 e 2 tinham, respectivamente, 45,84% e 45,96% de glicerol. A classificação das glicerinas, segundo Schroeder & Sudekum (1999), é de baixo, médio e alto grau de pureza, conforme o teor de glicerol ser, respectivamente, menor que 63,3%, entre esse valor e 99,8% e maior que esse valor. Em nosso caso, após o pré-tratamento, temos uma glicerina com baixo teor de pureza.

Figura 40 - Esquema de preparação da alíquota para análise no UV-vis



5.4.3. Determinação do teor de glicerol nas amostras purificadas por carvão ativado

De cada amostra purificada com com carvão ativado a 1%, 2% e 3% foi feito duas pesagens e as sucessivas dissoluções, diluições e reações, conforme metodologia. As soluções obtidas foram levadas a UV-vis. E os valores de absorbâncias anotados, conforme tabela 32. Ao final desse processo de purificação foi obtido uma massa de 40,56812 g de glicerina.

Tabela 32 - Absorbância das soluções após purificação com carvão ativado.

Amostras	Massas (mg)	Absorbâncias									
Carvão 1%	1A	135	0,249	0,277	0,307	0,335	0,364	0,393	0,422	0,451	
	1B	145	0,251	0,282	0,313	0,343	0,374	0,406	0,437	0,469	
Carvão 2%	2A	142	0,251	0,283	0,314	0,344	0,376	0,409	0,441	0,472	
	2B	123	0,247	0,274	0,302	0,328	0,356	0,382	0,408	0,437	
Carvão 3%	3A	130	0,248	0,275	0,303	0,331	0,358	0,387	0,414	0,443	
	3B	127	0,247	0,274	0,302	0,329	0,355	0,383	0,411	0,439	

O resultado dos cálculos de porcentagem de glicerol para cada purificação está na tabela 33.

Tabela 33 - Resultado das porcentagens de glicerol na glicerina purificada.

Amostras	1% de carvão	2% de carvão	3% de carvão
Porcentagem média	93,30	96,07	93,22

Com essa amostragem optou-se a fazer purificação das amostras de glicerina com 2% de carvão. As amostras pre-purificadas que apresentavam um grau de pureza muito baixo, em torno de 45%, após o uso desse procedimento passou a ter um grau de pureza de 96%. Glicerinas com grau de pureza acima de 80%, segundo Mota (2009), são classificadas como glicerina loira e podem ser obtidas tanto de óleo de soja novo ou usado, podendo ser usadas como aditivos para conferir maior resistência e elasticidade aos plásticos e, no caso de biofilmes, aumentam a permeabilidade do vapor d'água. Complementando, Knothe et al. (2006), enfatiza que com porcentual acima de 95%, embora ainda seja classificada como glicerina loira, pode ser utilizada como glicerina comercial. A purificação com carvão ativado a 2% produziu glicerina comercial.

As fases glicéricas obtidas pela metodologia 3, onde se usou ORF com KOH e NaOH, foram submetidas aos processos de pré-purificação e purificação com carvão ativado a 2%. Os resultados de UV-vis. da purificação final estão demonstrados na tabela 34.

Tabela 34 - Absorbância das soluções purificadas na metodologia 3.

Amostra	Massa (mg)	Absorbância								
K	K1	130	0,246	0,272	0,298	0,323	0,348	0,376	0,399	0,426
	K2	127	0,245	0,271	0,296	0,320	0,346	0,371	0,395	0,419
Na	Na1	148	0,250	0,280	0,310	0,338	0,368	0,396	0,426	0,454
	Na2	141	0,248	0,276	0,305	0,331	0,362	0,389	0,418	0,447

Aplicando-se os cálculos já mencionados, observa-se que as amostras obtidas com catalisador KOH(K) e NaOH (Na) apresentaram um grau de pureza, respectivamente, de 86,40% e 87,22%, inferiores às purificadas a partir do óleo de soja Liza, indicando que nessas amostras existiam maior percentual de impurezas não removíveis pelo carvão ativado.

5.5. Questionário de conhecimento geral da população sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura.

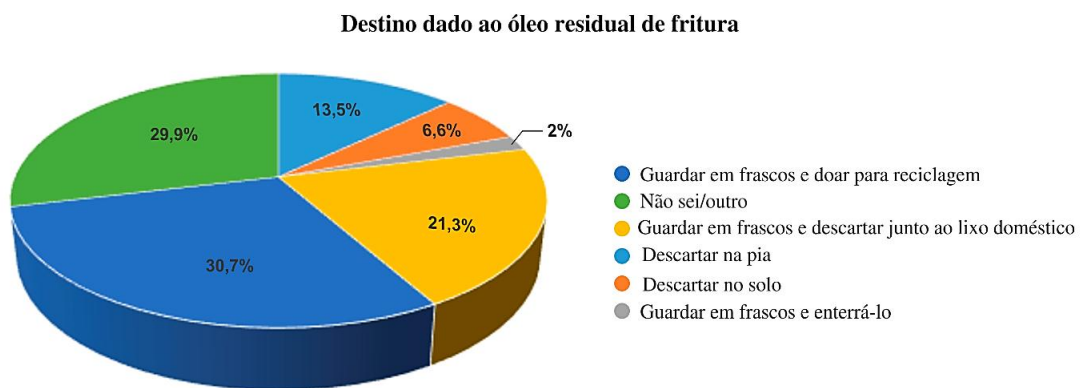
Foram recebidos 348 questionários com respostas consideradas completas, o que corresponde a um índice de retorno superior a 35%. De acordo com Richard (2015), a determinação de uma população amostral confiável deve ser estimada antes do início da pesquisa. Embora aqui seja um caso de análise por conveniência, onde o público alvo foi escolhido (alunos e seus familiares), considerou-se a presença de elementos de diferentes classes sociais e representantes de bairros distintos, tendo em vista a existência de pesquisados de escolas públicas e particulares estaduais e federais, do ensino médio e superior em turnos diversos. Nesse caso, generalizando-se para uma população de 100.000 hab. na área em estudo, definindo uma margem de erro de 5% e um índice de confiança de 90%, chega-se ao valor de 327 questionários. Em outra análise o mesmo autor considera que retorno entre 20% e 40% é muito bom. Dessa forma pode-se considerar que o retorno foi muito bom e que os resultados do questionário estão dentro dos índices de confiabilidade e de erro estabelecidos.

Esses questionários, após lançados em planilha Excel, demonstraram que 63,8% das respostas eram de pessoas do sexo feminino e que 69% tinham o ensino médio incompleto, sendo 76,7% da rede pública estadual, 14% da federal e 8,7% do particular.

As famílias dos entrevistados têm, em média, 4 alimentandos em suas residências, com aquisição de 4,47 L de óleo/mês, fazendo uso em frituras de 3,37 vezes/semana, o que resulta em 2,57L de óleo residual de fritura/família. Mês. Considerando essa média, pode-se estimar uma quantidade gerada de 0,575L de óleo residual de fritura/mês por morador em cada residência. Em trabalho semelhante realizado na cidade de Goiânia, em 2008, Rabelo & Ferreira, demonstram que a relação entre quantidade de óleos e gorduras adquiridos e descartadas pela população é de 2,35L/ mês: 1,4 L/ mês. Essa relação percentual é de 59,57% de transformação de óleos em resíduos de fritura. Na cidade de Ubá, os volumes são maiores, mas a relação é de 57,49%, muito similar aos estudos de dez anos atrás em Goiânia

Quanto ao destino dado ao óleo residual de fritura, em 73,6% dos casos é feito por um dos familiares e as formas de descartes são dadas conforme a figura 43. Sobre a forma que consideravam a mais correta para o descarte do ORF 86,5% dos entrevistados consideram que é guardar em frascos e doar para reciclagem, sendo que apenas 0,9% consideram o descarte na pia e 2% no solo como sendo corretos, o que demonstra um bom nível de consciência ambiental, embora, na prática, apenas 30,7% usem dessa prática e ainda observa-se que 13,5% descartam esse resíduo diretamente na pia.

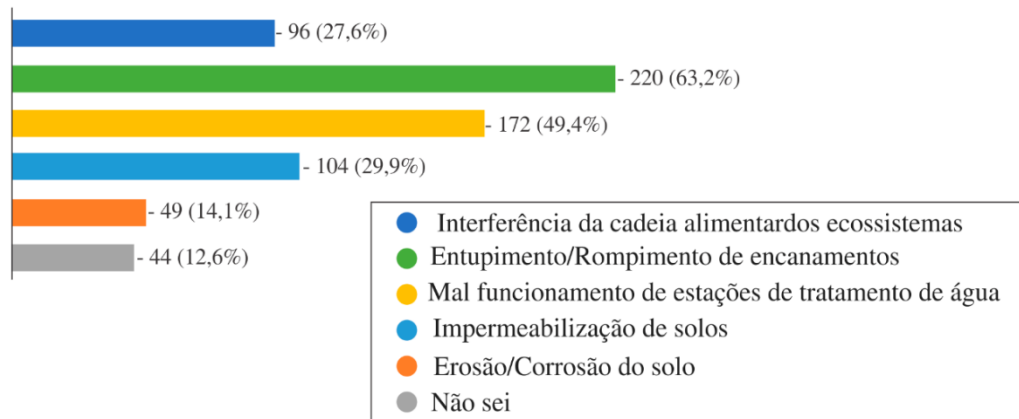
Figura 41 - Gráfico do resultado percentual do destino dado ao ORF nas residências pesquisadas.



Quanto ao uso do óleo residual de fritura para fins comerciais, 95,4% dos entrevistados conheciam sobre a produção de sabão e apenas 14,1% sabiam da sua utilização na produção de biodiesel. Esses dois últimos aspectos evidenciam uma baixa relação que os entrevistados fazem entre o descarte do ORF e a contaminação da cadeia alimentar e custos de tratamento de água.

Quanto ao conhecimento dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do óleo residual de fritura, as respostas estão na figura 42.

Figura 42 - Gráfico sobre o conhecimento dos impactos ambientais das residências



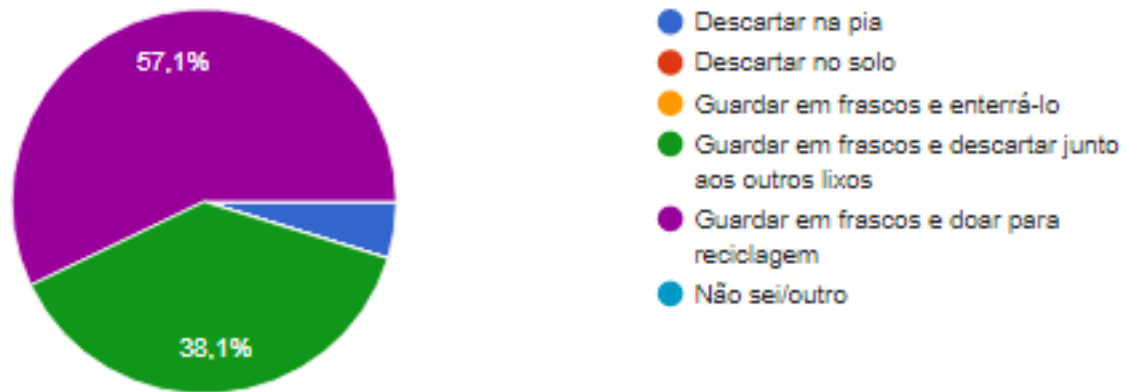
5.6. Questionário do conhecimento do setor comercial sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura.

Foram visitados 78 estabelecimentos comerciais no centro da cidade de Ubá. Desses foi possível conversar e aplicar o questionário a funcionários ou proprietários em 42 deles, o que corresponde a 32,55% dos estabelecimentos dessa região e, em torno de, 10% de todos os estabelecimentos comerciais na área alimentícia registrados na cidade de Ubá.

Das empresas pesquisadas, 47,6% se classificam como lanchonete, 28,6% como restaurante, 19% como bar e 4,8% como outros (padaria). Que embora haja uma média de compra/mês de 178 L de óleo, a média de óleo residual de fritura gerada por elas é de 52,56 L /mês.

Quanto ao destino dado ao óleo residual de fritura, 57,1 % dos estabelecimentos guardam em frascos e destinam à reciclagem, 38,1% guardam em frascos e descartam junto ao lixo comercial e ainda tem 4,8% que descartam diretamente na pia (figura 43).

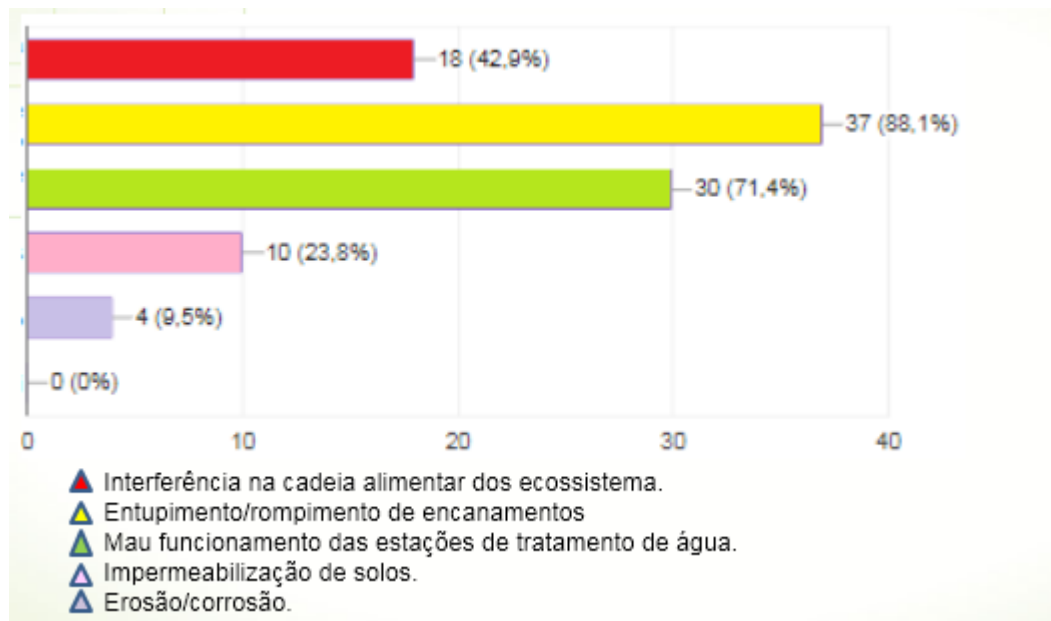
Figura 43 - Gráfico do destino dado ao óleo residual de fritura pelos comerciantes.



Quanto à forma correta de descarte, 100% dos questionados responderam que deveriam ser acondicionados em frascos plásticos e entregues para reciclagem. Quando questionados porque não o faziam, observa-se que 28,6% não tinham conhecimento de empresas que faziam recolhimento desse óleo na cidade de Ubá.

A questão dos impactos ambientais demonstra que 87% têm conhecimento sobre entupimento/rompimento de encanamentos; 71% sobre mau funcionamento das estações de tratamento de água; 42,9% sobre a interferência na cadeia alimentar do ecossistema (figura 44).

Figura 44 - Gráfico sobre os conhecimentos dos impactos ambientais pelos comerciantes.



Sobre a utilização comercial desse resíduo, 100% dos entrevistados sabiam da fabricação de sabão e apenas 7,1% sobre a produção de biodiesel, 100% deles apoiariam projeto de implantação de empresa para reutilização do óleo residual de fritura, pois traria vantagens sociais, ambientais e econômicas para a população em geral e seu comércio, sendo que 56,1% fariam parte da cadeia de recolhimento de forma remunerada e 43,9% de forma gratuita.

A empresa Ecologik Viçosa apresentou uma relação de 18 estabelecimentos comerciais da cidade de Ubá em que mantinha contrato para coleta de óleo residual de fritura. Em sua planilha constava uma coleta média de 1000 L/ mês. O recolhimento era feito quinzenalmente e, geralmente, trocado por material de limpeza na proporção de 6 L de óleo:1L de detergente ou comprado a um valor de R\$ 0,50 (cinquenta centavos) / L de óleo. Através dessa informação, pode se estabelecer uma média de 55,55 L de óleo residual de fritura/empresa, média essa muito próxima aos 52,26 L obtidos pelo resultado do questionário.

5.7. Viabilidade da Implantação de miniusina de biodiesel.

Após recebimento dos dados relativos à licenciamento ambiental, realizado junto à engenheiro da área, levantamento de valores imobiliários e construções, matéria prima, maquinário, encargos trabalhistas e impostos, foi usado uma planilha enviada por representante comercial da empresa de venda de maquinários e insumos e nela realizado algumas adaptações em cima dos estudos dos trabalhos citados como referência, e daí se propõe duas situações: Com a prefeitura de parceira na implantação da miniusina, tendo em vista ser parte interessada na despoluição do Rio Ubá, como será demonstrado ou a implantação de mini usina com total responsabilidade de empresa privada.

5.7.1. Parceria entre PMU e empresa privada.

Considerando que a implantação de um projeto de recolhimento de ORF deva ser de responsabilidade compartilhado, envolvendo empresas privadas, empresas públicas, população comércio local e que, na área de estudo, a PMU publicou em 22/12/2017 a assinatura do Contrato de Programa para Prestação de Serviços Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, onde, segundo o prefeito, até 2020, todo o esgoto será tratado, conforme sua declaração e figura 45 presentes no site da prefeitura.

Uma das formas de diminuir custos no tratamento do esgoto é diminuindo a quantidade de lançamentos de rejeitos tratáveis em seu curso. Para tanto é necessária uma etapa de educação ambiental junto à população local. Partindo-se dessa análise opta-se, inicialmente,

por fazer a abordagem dos resultados de uma perspectiva de implantação de cooperativa de recolhimento e comercialização do óleo residual de fritura, com parceria e administração dividida entre a prefeitura, associações de moradores, cooperativas de coleta seletiva implantadas ou a serem estimuladas e população. Essa iniciativa trará enormes ganhos sociais, ambientais e econômicos ao orientar a população sobre o descarte adequado desse resíduo e os benefícios de sua retirando do meio ambiente.

Figura 45 - Panfleto de divulgação da despoluição do Rio Ubá- PMU

Ubá terá todo seu esgoto tratado até 2020



Fonte: (<http://www.uba.mg.gov.br>)

Segundo o prefeito Edson Teixeira Filho “Em 2018, serão totalmente concluídas as etapas de projeto executivo, licenciamento ambiental, desapropriação e licitação para a implantação do serviço de tratamento de esgoto. As intervenções de construção de rede coletora, de interceptores, de estação elevatória, de linhas de recalque e das estações de tratamento de esgoto serão iniciadas já no próximo ano e concluídas até 2020. Este cronograma será permanentemente fiscalizado pela Prefeitura, através de uma comissão de obras, presidida por mim. ”

A implantação do processo de acondicionamento desse óleo, sob responsabilidade da PMU e da COPASA seria realizada em quatro etapas:

1ª Etapa: Reuniões coordenadas pela prefeitura, procurando uma parceria que envolveria associações de bairros, cooperativas de coletas seletivas, secretarias de meio ambiente, de ação social, de educação e de saúde, tendo em vista o projeto abranger vários setores da administração pública.

2ª Etapa: Reuniões com empresas privadas, do setor alimentício- bares, restaurantes, lanchonetes e padarias - propondo uma parceria que resultaria em coleta dos óleos residuais gerados por elas e também com empresas de maiores portes como supermercados, farmácias, hotéis e postos de combustíveis, além de condomínios residenciais e escolas, solicitando

espaços para acomodação de “bombonas plásticas” de recolhimento de óleo residual de fritura. Essa etapa estaria ocorrendo concomitantemente à 1ª Etapa.

3ª Etapa: Divulgação do projeto de coleta seletiva de óleo residual de fritura junto aos moradores através de palestras nas associações de bairros, escolas e igrejas. Confecção de panfletos e ampla divulgação nos meios de comunicação, principalmente nas rádios locais, orientando a forma de recolhimento correta do óleo residual de fritura, procurando uma conscientização da participação da população no processo e demonstrando que esse trabalho resultará em vários ganhos de preservação ambiental, principalmente no ecossistema aquático.

4ª Etapa: Implantação do projeto, com aquisição de “bombonas” para os pontos de coleta, caixa receptora para transporte, carro de transporte, reservatórios de acondicionamento, preparação de galpão para recebimento e acondicionamento do óleo recolhido.

Os custos previstos para implantação desse projeto, envolvendo as 1ª, 2ª e 3ª etapas, além do licenciamento ambiental, seriam bancados pela PMU e COPASA. A 4ª etapa que corresponde à compra de equipamentos, reservatórios, “bombonas”, veículo de transporte, preparação do galpão seria de responsabilidade de uma empresa privada ou de cooperativa a ser criada para essa finalidade. Essa empresa, após a coleta do óleo nos pontos cadastrados, fará anotações em planilha para posterior prestação de conta do volume obtido. As planilhas deverão estar assinadas pelo responsável do ponto coletor e encarregado da empresa. A empresa pagará aos pontos de coleta um valor/L a ser definido conforme mercado vigente e ficará responsável pela destinação adequada ao óleo, conforme legislação ambiental, podendo beneficiá-lo, transformá-lo em biodiesel, glicerina, sabão e outros produtos ou comercializá-lo com outras empresas, conforme sua melhor rentabilidade.

A cidade de Ubá tem uma população estimada pelo IBGE-2010, para 2017, de 113.330 habitantes. Considerando o volume médio, estabelecido no questionário 1, de 0,575 L de óleo residual de fritura/ habitante, e envolvendo um aproveitamento/recolhimento de 50% de resíduo, seria possível uma coleta de 32.582 L / mês. A média de 52,27 L por estabelecimento comercial da área alimentícia (questionário 2), considerando os 50% de aproveitamento/recolhimento junto às 431 empresas registradas na PMU, resultaria em um volume de 11.264 L/ mês. Somando-se as duas médias, é possível estabelecer um resultado final de recolhimento do óleo igual a 43.846 L de óleo residual de fritura recolhidos e acondicionados para venda. Considerando que a empresa contratada para administrar o óleo recolhido pague o valor de R\$0,50/L, conforme é hoje praticado pela ECOLOGIK Viçosa junto

aos comerciantes avulsos, isso daria um retorno econômico direto para a cidade de Ubá, na ordem de R\$21.923,00/mês. Considerando um valor médio de venda conforme o praticado pela ECOLOGIK Viçosa que varia entre R\$ 1,20 a R\$ 1,50 o que daria R\$ 1,35/L, a empresa teria uma receita bruta de R\$ 29.596,00/mês.

Com os levantamentos de salários e habitacionais praticados na cidade de Ubá é possível prever o retorno econômico para a empresa privada, após implantação do projeto, conforme tabela 35.

Tabela 35 - Custos de implantação de empresa de recolhimento de ORF.

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Reservatório 10.000L	02	R\$2.700,00	R\$ 5.400,00
Reservatório 1000L.	02	R\$795,00	R\$ 1.590,00
Bombonas plásticas de 120L	10	R\$ 129,00	R\$ 1.290,00
Bombonas plásticas de 48 L	300	R\$ 48,50	R\$14.550,00
Carro Hyundai (HR)	01	R\$65.000,00	R\$ 65.000,00
Total	315	-----	R\$ 87.780,00

Para armazenagem desse óleo, seria alugado um galpão e a empresa manteria dois funcionários (motorista e recepcionista) para coleta do óleo nos pontos definidos e contatos entre fornecedores, conforme tabela 36.

Tabela 36 - Custo mensal de manutenção de empresa de coleta de ORF.

Despesas mensais	
Aluguel do galpão	R\$ 2.500,00
Energia	R\$ 500,00
Água	R\$ 150,00
Funcionários (salário=R\$1.300,00/mês+ encargos-fator de 1,68 de encargos)	R\$ 4.368,00
Diversos (10% de acréscimo)	R\$ 1986,2
Impostos sobre receita bruta (22%)	R\$12.344,20
Total	R\$ 21.848,40

O resultado líquido mensal e anual, além da previsão do retorno (pay back times, em meses) foi estabelecido conforme tabela 37

Tabela 37 - Retorno financeiro de empresa de recolhimento de ORF.

Lucro previsto	
Receita mensal com venda do ORF	R\$ 29.596,00
Despesas mensais	R\$ 21. 848,40
Lucro mensal	R\$ 7.748,00
Lucro Anual	R\$ 92.976,00
Pay Back times (em meses).	11,32 meses

5.7.2. Miniusina de biodiesel de iniciativa privada.

Após contatos telefônicos e e-mail, levantou-se os custos da implantação de uma miniusina de capacidade mensal para processar em torno de 45.000 L de ORF. Os parâmetros de estudos estão baseados nos seguintes retornos:

1⁰) Engenheiro Ambiental: Apresentou uma breve contextualização sobre a implantação da miniusina na cidade de Ubá e os valores necessários para o licenciamento ambiental, conforme anexos D e E.

2⁰) Empresa de venda de maquinários e matéria prima: Apresentou orçamento para miniusina de 1m³/dia (figura 46); 2m³/dia e 5m³/dia (anexo F) além de planilha contendo valores de matéria prima e de consumo energético (anexo G).

Usando essas informações foi possível fazer o estudo da viabilidade econômica, adaptados para a realidade da área de estudo, cujos valores e resultados foram inseridos em planilha e feito simulações de valor de compra do óleo residual de fritura, Pay Back, TIR e VPL, conforme tabela 38.

O VPL trata-se de um critério que transporta as projeções de fluxo de caixa projetadas para o valor presente, e assim permita-se constatar se há criação ou não de valor do projeto. Quando positivo deve ser aceito. Segundo Laponni (2008), tem como vantagem poder ser

aplicado em qualquer fluxo de caixa mas a desvantagem de considerar que os retornos devem ser reinvestidos a mesma taxa requerida.

A TIR representa o maior custo de oportunidade que o projeto pode suportar. De acordo com o critério da TIR o projeto deve ser aceito se o valor da TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade-TMA (LAPONNI,2008).

Figura 46 - Mini-usina para produção de 1 m³ biodiesel por dia, em turnos de 8 h.



Tabela 38 - Demonstração de valores de compra do óleo residual de fritura e resultados esperados.

Valor de Compra (R\$)	Resultado líquido/mês (R\$)	Pay Back Time (em meses)	TIR (%)	VPL (R\$)
0,50	47.626,01	18,05	44,39	510.447,93
0,60	43.241,41	19,88	36,75	391.496,83
0,70	38.856,81	22,13	28,92	272.545,72
0,80	34.472,21	24,94	20,86	153.495,62
0,90	30.087,61	28,58	12,50	34.643,51
1,0	25.703,01	33,45	3,76	(-84.307,59)
1,10	21.318,41	40,33	(-)	(-)
1,20	16.933,81	50,77	(-)	(-)
1,30	12.549,21	68,51	(-)	(-)
1,40	8.164,61	105,30	(-)	(-)
1,50	3.780,01	227,45	(-)	(-)

TIR= Taxa Interna de Retorno; VPL= Valor Presente Líquido

Considerando a taxa mínima de atratividade de 15%, um custo de óleo residual de fritura inferior a R\$0,90, projeta lucros satisfatórios à mini usina. As projeções de resultados estão demonstradas nas tabelas 39 a 44.

Tabela 39 - Índices de referências para uma projeção de produção de biodiesel.

Custo de do óleo residual de fritura (R\$)	0,80
Valor de venda do Biodiesel (R\$) *	2,49
Valor de venda do glicerol bruto (R\$) **	0,50
Processo demora de produção	40 min./batelada
Produção por hora (Litros)	145,00

*Valor do leilão 58 (dez. 2017); **Valor médio região sudeste (dez. 2017)

Tabela 40 - Valores de Investimentos.

Licenciamento ambiental (R\$)	147.146,00
Aquisição de terreno e construção(R\$)	240.000,00
Implantação da coleta seletiva (R\$)	87.780,00
Capital de giro (1 mês de despesas) (R\$)	98.817,29
Total dos investimentos (R\$)	859.773,29

Tabela 41 - Índices de referências aplicados à capacidade de produção mensal.

Indicadores de Referência		%	16 h/dia
Óleo de fritura (L/dia)	(145 litros /h)		2.320
Capacidade de processamento/mês (L)	22 dias /mês		51.040
<i>Rendimento do glicerol/Kg</i>	<i>ruim</i>	15%	7.656
	<i>bom</i>	10%	5.104
Faturamento do glicerol (R\$ 0,50 P/Kg)			R\$3.828,00
			R\$2.552,00
Recuperação do metanol		25%	R\$3.472,60

Tabela 42 - Despesas mensais para 16h/dia em dois turnos.

Folha Pagamento (Salários + encargos) *	R\$ 15.288,00
Energia Elétrica	R\$ 2.410,00
Água	R\$ 350,00
Material de consumo Usina (R\$ 0,035 por litro)	R\$ 1.786,40
Taxas (Ambientais e Prefeitura) Amort. /mês	R\$ 1.350,00
Depreciações (c/ residual de 40%, 10 anos linear)	R\$ 953,33
Outras despesas - diversos	R\$ 1.000,00
Total	R\$ 23.137,73
Custo por litro processado	0,45

*Turno de 16 h/dia com 07 funcionários e salário de R\$ 1.300,00/funcionário

Tabela 43 - Tabela de produção considerando rendimento de 85% em biodiesel e 15% em glicerina (rendimento ruim).

Matéria-prima	unidade	Preço/ unidade	Quantidade	TOTAL(ruim)
Óleo(despesas de logística)	litro	R\$ 0,80	43.846,00	R\$ 35.076,80
Metanol (16%)	litro	R\$ 1,98	7.015,36	R\$ 13.890,41
Metilato de Sódio (2%)	kg	R\$ 7,43	876,92	R\$ 6.515,52
Recuperação de Metanol	litro	25%	-1753,84	(R\$ 3.472,60)
Total			49.984,44	R\$ 52.010,13
Quantidade produzida / litro (em função do rendimento)				42.486,77
Custo da matéria prima p/ Litro (RS / L)				RS 1,22
Custos indiretos por litro				RS 0,54
Custo total por litro (RS / L)				RS 1,77
Preço Diesel Mineral / Mercado				RS 2,49
Ganho				RS 0,72
Margem				28,97%

Tabela 44 - Fluxo de resultados.

RESULTADOS	Mensal (ruim)
Custo Matéria Prima	R\$ 52.010,13
Custos indiretos de fabricação	R\$ 23.137,73
Total de custos de produção (Custo fixo e variável) / mês	R\$ 75.147,86
TOTAL DAS DESPESAS	R\$ 75.147,86
Receita com consumo de diesel preço praticado no mercado	R\$ 105.792,07
Receita com a venda da Glicerol	R\$ 3.828,00
TOTAL DAS RECEITAS	R\$ 109.620,07
Resultado Líquido mensal	RS 34.472,21
Resultado Líquido anual	RS 413.666,50
Percentual	32,58%
Ponto de Equilíbrio Econômico em litros	32.079,39
Ponto de Equilíbrio Econômico (%)	75,50%
Pay Back Time em meses	24,94
Taxa Interna de Retorno (TIR)	20,861%
Valor presente líquido (VPL)	R\$ 153.594,62
Taxa mínima de atratividade (TMA)	15%

A análise preliminar dos resultados dessas projeções, usando apenas os dados coletados durante a pesquisa, sem maiores detalhamentos econômicos, demonstrou que, financeiramente, a utilização de óleo residual de fritura para a implantação de miniusina, permite retorno a partir de 32.079 L desse resíduo coletado. Na cidade de Ubá-M.G, conforme resultados dos questionários, há uma produção estimada de 87.693 L/ mês, sendo que 32.869,12

já são destinados à reciclagem. Esses valores indicam que 37% desse resíduo tem destinação correta. A projeção foi feita com uma perspectiva de coleta mínima de 50%, que segundo Souza Júnior (2011) está dentro dos padrões mínimos estabelecidos por países de primeiro mundo, embora destaque que no Brasil, apenas 20% do lixo é reciclado.

Para Wu et al. (2013), o uso de óleo de cozinha residual reduz significativamente o custo do biodiesel porque essa matéria prima é disponível a um preço relativamente baixo, destacando que o desempenho econômico de uma usina de biodiesel pode ser determinado após fatores como capacidade da planta, tecnologia de processo, custo de matéria prima, produtos químicos e mão de obra sejam quantificados. Korus et al. (1993) estudaram a transesterificação alcalina de óleos de diferentes origens, inclusive a residual de fritura, e concluíram que o custo dessa matéria prima desempenha um papel significativo na determinação da viabilidade econômica das indústrias de biodiesel.

Um trabalho de grande porte foi realizado por Silva Filho et al.(2018), durante os anos de 2014 e 2016, com levantamentos feitos através de questionários residenciais e em estabelecimentos comerciais, na cidade de São Paulo-S.P. Os resultados indicam que essa metrópole tem capacidade de produzir 8.8800 m³ de óleo residual de fritura/mês, o que pode gerar uma economia de US \$ 5.000.000 por mês e um lucro adicional de US \$ 7.000.000 por mês devido à venda de excesso de biodiesel, glicerina e créditos de carbono. Considerando a sua população, segundo o IBGE, de 12,04 milhões de habitantes, isso dá uma média de 0,73L de óleo residual de fritura/ habitante. mês. Esse fator é próximo ao encontrado na cidade de Ubá-MG. Quanto ao lucro previsto no trabalho citado, ele é próximo a R\$ 2,00/habitante. mês (considerando uma taxa de conversão dólar: real de 1:3,5). Esse valor fica superior à perspectiva demonstrada na cidade de Ubá-MG, principalmente por terem feito uma estimativa considerando coleta de integral do óleo e agregado a isso os créditos de carbono.

Sob o aspecto ambiental há de se destacar que na cidade de Ubá-M.G. mais de 60% de óleo residual de fritura é descartado de forma inadequada, sendo que a taxa de descarte diretamente na pia e/ou solo ultrapassa a 20%, sem analisar os que responderam o questionário como “não sei”. Isso equivale a um montante em uma ordem de 20.000L/ mês lançados nas redes de esgoto ou infiltrados no solo contaminando toda a rede hídrica da cidade e municípios que recebem água do rio Ubá.

Segundo Souza Júnior, é incontestável a importância ambiental de recicladores que aproveitam resíduos que seriam desprezados no meio ambiente e nas empresas de saneamento

básico e após tratamentos adequados transformam-se em matéria prima que vendida para empresas geram emprego e renda que beneficiam a todos os envolvidos. Silva Filho (2018) enfatiza que a viabilidade econômica e técnica da produção de biodiesel do óleo de fritura residual é comprovada e com isso é possível evitar que a produção agrícola de soja seja direcionada à produção de biodiesel, evitando que o aumento dos preços de produtos como o óleo, farelo, leite, carne e proteínas de soja e muitos outros subprodutos que são obtidos pelo uso de soja de derivados da soja. Como o óleo de fritura não compete com o óleo de soja e com os derivados do petróleo, as críticas à produção de biodiesel pelo aumento da área de cultivo seriam evitadas e estimuladas por trazerem benefícios ecológicos.

6. CONCLUSÕES

Os experimentos laboratoriais permitiram concluir que é possível a transformação química de óleo residual de fritura em éster metílico usando condições mais amenas que as aplicadas na indústria. Os resultados obtidos em condições ambientais indicam rendimentos superiores a 80% e porcentagem de éster nas amostras obtidas acima de 90%, embora não se tenha obtido percentual de éster superior a 96%, o que permitiria classificá-los como biodiesel. As repetições com variação dos fatores temperatura, catalisador e proporção óleo: álcool foi fundamental para se perceber a interferência deles nos resultados, sendo que estatisticamente observa-se que a proporção 1:8 produz resultados maiores que na proporção 1:4, usando catalisador KOH e temperatura de 45-60°C.

O uso de carvão ativado seguido de filtração a vácuo na purificação da fase glicérica permite a obtenção de uma glicerina mais límpida, com melhor qualidade, podendo ser usada como matéria prima industrial, inclusive na indústria farmacêutica, desde que não precise de um grau de pureza superior a 96%. Por esse método não se obtém glicerina técnica (mínimo de 99,5% em glicerol).

As respostas dos questionários mostraram que entre os entrevistados da cidade de Ubá-MG. em média, mais de 60% do óleo residual de fritura dos entrevistados é descartado de forma incorreta. Na pesquisa a população demonstrou ter conhecimento dos principais impactos ambientais causados por esse rejeito e também a forma correta de descarte, mas apenas 30% da população e 55% dos comerciantes entrevistados fazem a destinação do mesmo para reciclagem. A não destinação correta é fruto do desconhecimento de empresa de reciclagem na região e, por isso, guardam em frasco plástico e descartam junto ao lixo doméstico.

A cidade de Ubá-MG. tem potencial gerador de óleo residual de fritura suficiente para manter uma miniusina de biodiesel com capacidade superior a 40.000L/mês. Para tanto é necessário um trabalho de conscientização ambiental junto à comunidade e comerciantes visando orientar sobre a forma correta de descarte desse resíduo. Isso torna-se possível a partir do envolvimento de órgãos públicos e privados em uma parceria que traria vantagens para toda a sociedade e meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE – Associação Brasileira Das Indústrias de Óleos Vegetais. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/>. Acesso em 19 de agosto de 2017.

ABNT NBR 10004:2004- NORMA BRASILEIRA- Resíduos Sólidos: Classificação. 2ª Edição. Disponível em: <http://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>. Acesso em 04 de novembro de 2017. Acesso em 27 de novembro de 2017

ALVES, J.A.L. Relações internacionais e temas sociais: a década das conferências. Brasília: Instituto Brasileiro de Relações Internacionais (IBRI), 2001. Disponível em: http://www.dhnet.org.br/direitos/sip/onu/textos/livro_lindgren_alves_decada_conferencias_onu.pdf. Acesso em 18 de maio de 2017.

ANDRADE, A.L. C.; MATTEL, L.A. (in) sustentabilidade da matriz energética brasileira. Revista Brasileira de Energia, vol.19, nº2,2º sem.2013, p.9-36.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Retrospectiva 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876457/Retrospectiva+ANEEL+2017>. Acesso em 28 de setembro de 2017.

ANP- Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Boletim Mensal do Biodiesel. Disponível em: http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/boletinsanp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/2017/Boletim_Biodiesel_FEVEREIRO_2017.pdf. Acesso em 01 de julho 2017.

ATAPOUR, M.; KARIMINIA, H.R.; MOSLEHABADI, P.M. Optimization of biodiesel production by alkali-catalyzed transesterification of used frying oil. Process Safety and Environmental Protection. n. 92, p. 179 a 185. 2014

AYRES, F.M.; AMARAL, C.L.C.A questão da sustentabilidade ambiental no ensino de química. Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa), v.7, n.5, p.01-11,2016.

BAJAY, S.V. Modelos de Planejamento da Expansão de Sistemas Energéticos. Anais do X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro: CBE, 2006.

BARBOSA, L.A.R. Viabilidade de implantação de usina de biodiesel utilizando óleos de frituras em município de grande porte. DISSERTAÇÃO de Mestrado. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). 2014. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/684>. Acesso em 8 de janeiro de 2018.

BARNWAL, B. K.; SHARMA, M. P. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.9, p. 363-378, 2005.

BELTRÃO, N.E.M.; OLIVEIRA, M.I.P. de. Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e desvantagens para a produção de biodiesel. EMBRAPA. Campinas Grande. 2008.

BNDES – Banco Nacional Do Desenvolvimento. Química Verde na Ótica dos Agentes de Mercado. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3901.pdf Acesso em 19 de julho de 2017.

BOFF, L. Sustentabilidade: o que é, o que não é. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BONDIOLI, P.; BELLA, L.B. An alternative spectrophotometric method for the determination of free glycerol in biodiesel. *L. Eur. J. Lipid Sci. Technol.* n.107, 153-157,2005.

BRASIL, Lei nº12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M.R.; ZAKRZEVISK, C.; CORAZZA, F.C; CORAZZA, M.L. OLIVEIRA, J.V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, v. 28, n. 3, p. 564-570, 2008.

BRUNDTLAND, G. H. *Nosso Futuro Comum*. 2 ed., Rio de Janeiro: FGV, 1991. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>. Acesso em 15 de maio de 2017.

CASTELLANELLI, C.A. Estudo da viabilidade de produção de biodiesel obtido através do óleo de fritura usado. DISSERTAÇÃO de Mestrado, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria-R.S., 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8059>. Acesso em 8 de janeiro de 2018.

COELHO, B.V.M. “Modelo de Previsão da Evolução do Biodiesel no Brasil utilizando Lógica Fuzzy”. DISSERTAÇÃO de Mestrado, Faculdade de Economia e finanças IBMEC. 2007.

CHRISTOFF, P. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral Paranaense. DISSERTAÇÃO de Mestrado. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC e Instituto de Engenharia do Paraná – IEP.2006. Disponível em: <http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/PauloChristoff.pdf>

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 001/86. "Dispõe sobre transporte de produtos perigosos em território nacional". Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em 21 de maio de 2017.

COPAM-M.G.- Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso 05 de janeiro de 2018.

COPEL- Companhia Paranaense de Energia. Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético / Organização de Thulio Cícero Guimarães Pereira. -- Curitiba: 2014. 303p.-Edição Digital. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/942/1/Energias%20Renov%C3%A1veis_Pereira%20Thulio%20C%C3%ADcero%20Guimar%C3%A3es_2014.pdf. Acesso em 23 de outubro de 2017

COSTA NETO, P.R. Obtenção de lipídeos estruturados por interesterificação de triacilgliceróis de cadeia média e longa. 2001, 185p. TESE de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S. Produção de Biocombustível alternativo ao óleo diesel através da Transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, 23(4) (2000). P.531-537.

COSTENARO, H.S. Hidrólise ácida e retirada de sais glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel. Dissertação de Mestrado. Escola politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

CRUZ, A.C.; PEREIRA, F.S.; COSTA, L.M; SILVA, M.F.O. Química verde na ótica dos agentes de mercado. *BNDES Setorial*, n. 39, p. 5-54, mar. 2014. Disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4644/1/BS%2039%20qu%C3%ADmica%20verde%20na%20%C3%B3tica%20dos%20agentes%20de%20mercado_P.pdf. Visualizado em 25 de julho 2017.

DELATORRE, A.B.; RODRIGUES, P.M.; AGUIAR, C.J.; ANDRADE, V.V.V.; ARÊDES, A.; PEREZ, V.H. Produção de biodiesel: Considerações sobre as diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas de processos. *Seer.perspectivasonline.com.br*. vol.1, n.1, 2011.

DERMIBAS, A. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. *Energy Conversion and Management*, v. 50, p. 923–927.2009

DIAS, G.F. As atividades interdisciplinares de educação ambiental: práticas inovadoras de educação ambiental. 2. Ed. São Paulo: Gaia, 2006.

DIB, F.H. Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de misturas em um moto-gerador. DISSERTAÇÃO de mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Fev./2010. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8059?show=full>. Acesso em 18 de fevereiro de 2017.

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i0100e.pdf>. Acesso e 21 de outubro de 2017.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. Avaliação dos impactos ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte. 2004. Rio de Janeiro: Interciência. 249p.

FREEDMAN, B.; PRYDE, E.H.; MOUNTS, T.L.; Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, v.61, p.1638- 1643, 1984.

FUKUDA, H.; KONDO, A.; NODA, H. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 92, n. 5, p.405-416, set. 2001.

GABIROBA, R.C. da S.; D'AGOSTO, M.A. O processo de roteirização como elemento de redução do custo de coleta de óleo residual de fritura em área urbana para a produção de biodiesel. DISSERTAÇÃO de mestrado em Engenharia de Transporte-Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.2009. Disponível em: http://www.itc.coppe.ufrj.br/dissertacoes/df01_ricardo.pdf .Acesso em 15 de junho de 20017

GAVARD, F.M.P. Do impasse ao consenso: um breve histórico do conceito de desenvolvimento sustentável. Revista Sociais e Humanas, Santa Maria, v.22, n.2, 2009.

GERIS, R.; SANTOS, N.A.C.; AMARAL, B. A.; MAIA, I. S.; CASTRO, V.D.; CARVALHO, J.R.M. Biodiesel de soja- Reação de Transesterificação para aulas práticas de química orgânica. Química nova, vol.30, n.5, p.1369-1373.2007.

GUIMARÃES, R.; FONTOURA, Y. Muito ruído e poucas vozes: os discursos na RIO+20 e a governança global para o desenvolvimento sustentável. Ideias, Campinas-S.P.; n. 5, 2^o semestre/2012. Acesso em 20 de abr. 2016. Disponível em:www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/download/1034/732.

HOEKAMAN, S.K.; ROBBINS, C. Review of the effects of biodiesel on NOx emissions. Fuel Processing Technology, v. 96, p. 237-249, 2012.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IDS: Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>. Acesso em 21 de janeiro de 2017.

IBP–Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível/COPPE/COPPEAD. Aspectos técnicos e logísticos para a produção de biodiesel no Brasil. 2007

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Óleos e gorduras: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed., 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. cap. 16, p. 595-597. Disponível em: Acesso em: 12 janeiro de 2017.

IUPAC- International Union of Pure and Applied Chemistri. Disponível em: <https://iupac.org/>. Acesso em 23 de setembro de 2017.

JAEGER, K.E.; EGGERT, T. Lipase for Biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 13, p.390-397, 2002

KARAOSSMANOGLU, F; BECKER, U.G. Used oil as a fuel oil alternative. *Energy Sources*, New York, Vol.18, n. 6, p. 637-644.1996.

KISS, F.E.; JOVANOVIC, M; BOSKOVIC, G.C. Economic and ecological aspects of biodiesel production over homogeneous and heterogeneous catalysts. *Fuel Processing Technology*, v. 91, p. 1316– 1320. 2010

KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KARHL, L.P. *Manual de Biodiesel*. Edgard Blucher. São Paulo,2006, cap.11

KORUS, R.A.; HOFFMAN, D.S; BAM, N.; PETERSON, C.L.; DROWN, C. Transesterification process to manufacture ethyl ester of rape oil. In: *The Proceedings of the First Biomass Conference of the Americas: Energy, Environment, Agriculture, and Industry*, vol. II. National Renewable Energy Laboratory, Golden Co, p. 815–826. 1993

KRAUSE, L.C. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). 2008. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14362/000663279.pdf>. Acesso em 15 de março de 2017.

KUDRE, T.G.; MHASKAR, N.; SAKHARE, P.Z. Optimization and characterization of biodiesel production from rohu (*Labeo rohita*) processing waste. *Renewable Energy* n. 113, p. 1408 a 1418. 2017

LAPPONI, J.C. *Projetos de investimento na empresa*. ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008. 488 p.

LENARDÃO, E.J.; FREITAG, R.A.; BATISTA, A.C.F.; DABDOUB, M.J.; SILVEIRA, C.C. “Green Chemistry ”-Os 12 princípios da Química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Quim. Nova*, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003

LEOPOLD, L.B.; CLARKE, F.S.; HANSHAW, B. A procedure for evaluating environmental impact. Washington: U. S. Geological Survey, 1971. 13p

LIMA, L.C.A; GONÇALVES, P.R.C. *Desafios do desenvolvimento sustentável: estudo sobre as mudanças na matriz energética brasileira*

LOPES, A.E.; ROCHA, A.C.T.; LIMA, A.O.; ANTUNES, D.A.; FERRÃO, E.M.G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.F. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: A trajetória de conflitos e desafios para o meio ambiente. *ForSci: Revista Científica IFMG, Formiga*. v.5, n.2, e00314, out. 2017. Edição especial.

LOPES, P.C. *Educação, Sociologia da Educação e Teorias Sociológicas Clássicas: Marx, Durkheim e Weber*. 2012. Disponível em: <http://www.bocc.uff.br/pag/lopes-paula-ducacao-sociologia-da-educacao-e-teorias.pdf>. Visualizado em 13 nov. de 2016.

LOPES, L.; BOCANERA, D.; MALAGON, R. “Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado”, *Ing. Univ.*, vol. 19, n.1, p. 155-172, 2015.

MALICO, I. *Energia da biomassa*. *Geoboletim*, v. 7, p. 4-5, 2008.

MANAHAN, S. E. *Química Ambiental*. 9ª Edição-Editora Bookman.2013; 912p. Tradução de Félix Nonnenmacher

MARCOCCIA, R. A participação do etanol em uma nova perspectiva na matriz energética mundial. 2007. 95p. DISSERTAÇÃO de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.doi:10.11606/D.86.2007.t de-05072007-114536. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05072007-114536/pt-br.php>. Acesso em 03 de janeiro de 2018.

MARQUES, M.V. A química, os processos de obtenção e as especificações do biodiesel. Revista Analytica, n. 33, p. 72-87, fev./mar., 2008.

MARQUES, M.V.; SILVA, C.F.G.; NACIUK, F.F.; FONTOURA, L.A.M. A química, os processos de obtenção e as especificações do biodiesel. Analytica. São Paulo. Vol. 33, p.72-87, fev./mar. 2008.

MEDEIROS, G.A.; GONÇALVES, S.B.; RODRIGUES, D.S.; NETO, B.A. D. Enzimas e Líquidos Iônicos: Uma Combinação Promissora para um Biodiesel Limpo. Revista Virtual de Química, v. 5, n. 1, p.74-94, 2013.

MEIRELLES, S.L. Química Verde: a Indústria Química e seus impactos na Indústria da Construção. DISSERTAÇÃO de Mestrado. UFRJ. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/quimica-verde-na-industria-de-construcao.pdf>. Acesso em:27 novembro de 2016.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei Federal n. 12.305 de 12 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/politica-de-residuos-sólidos>. Visualizado em 20 de jul. de 2017.

MME-Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>. Acesso em 15 de dezembro de 2017.

MME-Ministério de Minas e Energia: Resenha Energética Brasileira 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2017+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29>. Acesso em 15 de dezembro de 2017.

MORAIS, V.S. Avaliação da qualidade do biodiesel em função da matéria-prima utilizada: óleos residuais de fritura de diferentes tipos e fontes. DISSERTAÇÃO de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). 2011

MORANDIM, A.A. Estudo comparativo da produção de biodiesel proveniente de óleo de fritura e do óleo de soja. In. Anais 5^o congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel. Varginha. 2008.

MOREIRA, I.V.D. Avaliação de Impacto Ambiental. Assessoria Técnica da Presidência. FEEMA. Rio de Janeiro, abril 1985.

MOTA.C.J.A; SILVA, C.X.A. da; GONÇALVEZ, V.L.C. Gliceroquímica: Novos Produtos e Processos a partir da Glicerina de Produção do Biodiesel. Química Nova, Vol.32, n.3, 639-648, 2009.

MOTHE, C.G; CASTRO, B.C. de; MOTHE, M.G. Characterization by TG/DTG/DSC and FTIR of frying and fish oil residues to obtain biodiesel. J Therm Anal Calorim. n.106, p.811–817. 2011. DOI 10.1007/s10973-011-1795-Z

MUNARI, F.; CAVAGNINI, D.; CADOPPI, A. Determination of Total FAME and Linolenic Acid Methyl Ester in Pure Biodiesel (B100) by GC in Compliance with EN 14103 - Thermo Fisher Scientific, Milan, Italy—2007

NASCIMENTO, U.M.; VASCONCELOS, A.C.S.; AZEVEDO, E.B.; SILVA, F.C. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por microondas. Eclética Química, Vol.34, p.37-48. 2009.

NAVEIRO, R.M.; PACHECO, E.B.A.V.; MEDINA H.V. Ecodesign: O desenvolvimento de projeto de produto orientado para reciclagem. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 5 Anais... Porto Alegre: IGDP. 2005.

NOVAES, P.C.; MACHADO, A.M.B.; LACERDA, F.V. Consumo e descarte do óleo comestível em um município do sul de Minas Gerais. Revista Ciências em Saúde v4, n 3, jul.-set 2014.

NUDELMAN, N.E.S. A Química Sustentável. Revista de Química Industrial (RQI), n.727, p.16- 19, 2010.Disponível em: file:///C:/Users/usuario/Downloads/RQI-727-2-TRIMESTRE-2010.pdf. Acesso em: 17 de maio de 2017.

OLIVEIRA, J.A.B. de; AQUINO, A.S. Óleo residual de frituras: Impactos ambientais, educação e sustentabilidade no biodiesel e sabão. Revista Educação Ambiental em Ação.n.43, ano XI, Dezembro 2012/fevereiro 2013

ONU – Organização das Nações Unidas/PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/pnuma/> Acesso: 06 maio 2017.

ONU/PNUD – Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/pnud/>. Acesso em 15 de outubro de 2016.

ONU–Perspectivas da População Mundial. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acesso em 15 de outubro de 2017.

OUANJI, F.; KHACHANI, M.; BOUALANG, M.; KACIMI, M.; ZIYAD, M. Large-scale biodiesel production from Moroccan used frying oil. International Journal of Hydrogen Energy. n. 41, p.1022 a 109. 2016

PADULA, A. D.; SANTOS, M.S.; FERREIRA, L.; BORENSTEIN, D. The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Current figures and future prospects. Energy Policy, v. 44, p.395 - 405, 2012.

PAGLIARIN, A.C; TOLENTINO, Z.T. Desenvolvimento sustentável na perspectiva do princípio da responsabilidade em Hans Jonas. Meritum, Belo Horizonte, v.10, n.1, p. 11-33, 2015.

PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P. Cleaner production as corporate sustainability tool: a study within companies from Rio Grande do Norte State [Internet]. *Prod [online]*, v. 22, n. 3, p. 462-476.2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000043>. Acesso em 15 de dezembro de 2017

PIRES, M.T. ONU lança índice ‘verde’ para superar PIB e IDH. *Veja*, Rio de Janeiro, 17 jun. 2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/onu-lanca-indice-verde-para-superar-pib-e-idh/>. Acesso em: 21 julho de 2017.

PITTA JUNIOR, O.S.R.; NOGUEIRA NETO, M.S.; SACOMANO, J.B.; LIMA, J. Reciclagem do Óleo de Cozinha Usado: uma Contribuição para Aumentar a Produtividade do Processo. KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE. São Paulo – Brasil – May 20th-22nd – 2009.

PMU – Prefeitura Municipal de Ubá-M.G. Disponível em: <http://www.uba.mg.gov.br/>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

PORTELA, V.F. A evolução do pensamento: do conceito de desenvolvimento à desenvolvimento sustentável. *EXAMÃPAK: Revista Eletrônica de Ciências Sociais, História e Relações Internacionais*, jun. 2013.

PRADO, A.G.S. Química Verde, os desafios da química no novo milênio. *Revista Química Nova*, Brasília, v. 26, p. 738-744, mar. 2003.

PREDOJEVIC, Z.J. The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison of different purification steps. *Fuel*, v. 87, p. 3522–3528. 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 22 de Julho 2017.

QUANJI, F.; NACHID, M.; KACIMI, M.; LIOTTA, L.; PULEO, F.; ZIYD, F. Small scale biodiesel synthesis from waste frying oil and crude methanol in Morocco. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. n. 24, p.1178–1185. 2016.

RABELO, R.A.; FERREIRA, O.M. Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial. Goiânia: UCG, 2008. 21 p.

RAMOS, L.P.; SILVA, F.R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. Revista Virtual de Química, v. 3, n. 5, out. 2011, p. 385-405.

REDA, S.Y.; CARNEIRO, P.I.B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. Revista Analytica, n. 27, fev. /mar., 2007.

REN21/2016-Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Disponível em http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf Acesso em 23 de julho de 2017.

REVISTA EA. Educação ambiental em ação. Disponível em: http://www.revistaea.org/img/coleta36_files/image002.jpg. Acesso em: 02 maio 2017.

RICHARDSCN, R.J. Pesquisa social: métodos e técnicas. Colaborador José Augusto de Souza Peres. 3. ed. - 16. reimpr. - São Paulo: Atlas, 2015.

ROSENHAIM, R. Avaliação das Propriedades Fluído-dinâmicas e Estudo Cinético por Calorimetria Exploratória Diferencial Pressurizada (PDSC) de Biodiesel Etílico Derivado de Óleo de Fritura Usado. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa (2009). Disponível em: www.ppgq.quimica.ufpb.br/teses/Tese_Raul_Rosenhaim.pdf. Acesso em 21 de outubro de 2017.

ROYON, D.; DAZ, D.; ELLENRIEDER, G.; LOCATELLI, S. Enzymatic Production of Biodiesel from Cotton Seed Oil Using t-butanol as a Solvent. Bioresource Technology, v.98, p. 648-653, 2007

SANDE, D.; COLEN, G.; SANTOS, G. F.; FERRAZ, V.P.; TAKAHASHI, J. A. Production of omega 3, 6, and 9 fatty acids from hydrolysis of vegetable oils and animal fat with *Colletotrichum gloeosporioides* lipase. Food science and biotechnology pp 1–9 November 2017 DOI10.1007/s10068-017-0249-1

SANTOS, M.X.; SILVA, J.G.F. Aproveitamento do óleo residual de fritura na produção de biodiesel. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. E-ISSN 1517-1256, v. 33, n.1, p. 299-306, jan./abr., 2016.

SAUER, I.L.; QUEIROZ, M.S.; MIRAGAYA, J.C.G.; MASCARENHAS, R.C.; JÚNIOR, A. R. Q. Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobras, 2006

SEVERO, E.A.; OLEA, P.M. Metodologias de Produção mais Limpa: Um Estudo de Caso no Pólo Metal-Mecânico da Serra Gaúcha. Revista Ingepro – Inovação, Gestão e Produção, v. 2, n. 7, p. 73-81, 2010.

SIDRA-Sistema IBGE De Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N6/3169901> Acesso em 05 de janeiro de 2018.

SILVA FILHO, S.C. da; MIRANDA, A.C.; SILVA, T.A.F.; CALARGE, F.A.; SOUZA, R.R.; SANTANA, J.C.C.; TAMBOURGI, E.B. Environmental and techno-economic considerations on biodiesel production from waste frying oil in São Paulo city. Journal of Cleaner Production Journal of Cleaner Production. n. 183, p.1034 a 1042. 2018

SILVA, F.M. da; LACERDA, P.S.B; JONES JUNIOR, J. Desenvolvimento sustentável e química verde. Quím. Nova, 2005, vol.28, n.1 p.103-110

SILVA, S.G. Sistema de análises em fluxo para determinação de glicerol em biodiesel e manganês em água. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. 18/10/2011. Disponível em; <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-31012012-144231/publico/TeseCorrigidaSidneiGSilva.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2017

SOUZA JUNIOR, M.A. Análise das características físico-químicas. Organolépticas e recicláveis dos óleos e gorduras residuais e seu gerenciamento no Brasil. DISSERTAÇÃO de mestrado. Faculdade de Tecnologia e Ciências de Salvador. 2011. Disponível em: <http://portal.ftc.br/bioenergia/dissertacoes/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Manuel%20A%20de%20Souza%20Junior.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

SOUZA, I.B.B. Práticas de Sustentabilidade: Um convite à reflexão, conscientização e preservação ambiental. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, v.2 n.2, p. 72-82. 2013.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETTI, S.M.P. 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. Química Nova, v. 30, p. 2068-2071, 2007.

Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – Universidade Federal Fluminense, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/2806/1/TCC-%20Luana%20e%20Pedro.pdf>. Acesso em 26 de ago. 2017.

UNEP – United Nations Environment Programme (2014). Cleaner Production for Better Products. Disponível em: <http://www.unep.org/resourceefficiency/BusinessCleanerSaferProduction/Eco-Innovation/CleanerProductionforBetterProducts/Tabid/78846/default.aspx>. Acesso em 21 de dezembro de 2017.

VAN GERPEN, J.; SHANKS, B.; PRUSZKO, R.; CLEMENTS, D.; KNOTHE, G. Biodiesel Production Technology. NREL, 2004.

VICENTE, G.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. Optimisation of integrated biodiesel production. Part. I: Study of the biodiesel purity and yield. Bioresource Technology. Vol. 98, p. 1724-1733. 2007.

VIEIRA, P.F.V.; WEBER, J. Gestão de Recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento: novos desafios para pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 2002.

VIESSER, R. V., Purificação da Glicerina Obtida a Partir da Transesterificação do Óleo de Girassol Semi-Refinado. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

VISENTAINER, J.V.; SANTOS JUNIOR, O. de O. Aspectos Reacionais e da Química Analítica na Produção e Controle de Qualidade do Biodiesel de Óleo e Gorduras. Editora da UEM, 2013.

WILLIAM, W.C. Silver ion chromatography using solid-phase extraction columns packed with a bonded-sulfonic acid phase- *Journal of Lipid Research* Volume 30, 1989-p.1471 a 1473.

WORLD ENERGY COUNCIL – WEC. *Energy and Urban Innovation*. United Kingdom,2010. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/>>. Acesso em: 5 de outubro. 2017.

WU, H.; ZHANG, J.; WEI, Q.; ZHENG, J. Transesterification of soybean oil to biodiesel using zeolite supported CaO as strong base catalysts. *Fuel Processing Technology*, n. 109, p. 13-18. 2013.

ZHANG, Y.; DUBÉ, M.A; MCLEAN, D.D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. economic assessment and sensitivity analysis. *Bioresource Technology*, v. 90, p. 229–240.2003

ZHOURI, A.; PEREIRA, D.B.; LASCHEFSKI, L. *A insustentável leveza da política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais*. Coleção *Sociedade e Meio Ambiente*.1ª Ed.Ed. Autêntica. 288 p.2005.

8. ANEXOS

ANEXO A: Questionário 1: Levantamento geral da população sobre o descarte e uso do óleo residual de fritura.



Este Questionário será usado como fonte de dados para desenvolvimento de parte da dissertação do aluno Elder Magno Gava Ferrão para conclusão de seus estudos no Mestrado

Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, do Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Bambuí M.G. As informações levantadas são sigilosas e serão tratadas coletivamente.

(Esse questionário pode ser preenchido no endereço: https://docs.google.com/forms/d/1LLlb4jebRaOUtsQH4H4-b_zHMEBh3RHj9Y4VzNtNzKg/edit).

QUESTIONÁRIO GERAL

Data do Preenchimento do questionário: ____/____/____

- 1) Idade: ____ anos;
- 2) Sexo: () M () F
- 3) Nível de escolaridade: (Marque de acordo com seu maior título)

() Fundamental Incompleto;	() Especialização
() Fundamental Completo;	() Mestrado;
() Médio Incompleto;	() Doutorado;
() Médio Completo;	() Outro _____
() Superior Incompleto;	
() Superior Completo:	

- 4) Renda Mensal de seu núcleo familiar, em salário mínimo (R\$ 937,00).
() Até 1; () de 1 a 3; () de 3 a 5; () de 5 a 10; () de 10 a 15; () maior que 15.
- 5) Se estudante, responda: Sua escola é da rede:
() Particular; () Pública Federal; () Pública Estadual; () Pública Municipal.
- 6) Se trabalhador, com vínculo empregatício, responda: Sua empresa é:(caso tenha mais de uma possibilidade, marque a alternativa que corresponde ao maior salário).
() Privada; () Pública Federal; () Pública Estadual; () Pública Municipal.
- 7) Se tem outra fonte de renda, responda:
() Sou Autônomo () Sou Empresário () Sou Aposentado () Outro
- 8) Quantas pessoas formam o núcleo que se alimentam em sua casa?_____
- 9) **Quantos litros** de óleo de soja são comprados, em média, **por mês**, em sua casa?_____
- 10) Quantas vezes/semana, em média, vocês usam óleo de soja **para fritura**?_____
- 11) Qual o **volume, em L**, de óleo residual de soja , é **gerado/mês** em sua casa?_____
- 12) Esse óleo residual é reutilizado para preparo de outros alimentos, como refogar arroz, temperar feijão, etc...?() Sim () Não.
- 13) Se é descartado, quem é executa essa tarefa em sua casa?
() Eu () Um outro familiar () Um(a)empregado(a).
- 14) O destino dado a esse óleo residual de fritura é:
a) Descartar na pia.
b) Descartar no solo.

- c) Guardar em frascos e enterrá-lo.
- d) Guardar em frascos e descartar junto ao lixo doméstico.
- e) Guardar em frascos e doar para reciclagem.
- f) Não sei/outro.

15) Qual(is) o(s) impacto(s) ambiental(is) causado(s) pelo descarte inadequado do óleo residual de fritura, dos listados abaixo, você tem conhecimento?

- a) Interferência na cadeia alimentar dos ecossistemas
- b) Entupimento/rompimento de encanamentos.
- c) Mau funcionamento de estações de tratamento de água.
- d) Impermeabilização de solos.
- e) Erosão/corrosão do solo
- f) Não sei.

16) Qual(is) a(s) forma(s) para descartar o óleo residual de fritura, dos listadas abaixo, você considera a(s) mais correta(s) ?

- a) Na pia.
- b) Espalhando-o sobre o solo.
- c) Enterrando-o no solo.
- d) Acondicionando-o em um vasilhame plástico e enterrando.
- e) Acondicionando-o em um vasilhame plástico e colocando-o junto ao lixo doméstico
- f) Acondicionando-o em um vasilhame plástico, separando-o do lixo doméstico e entregando-o para empresa de reciclagem.
- g) Não sei.

17) Qual(is) o(s) uso(s) do óleo residual de fritura para fim(s) comercial(is), dos listados abaixo, você conhece?

- a) Produção de sabão
- b) Produção de biodiesel
- c) Produção de glicerina
- d) Produção de tinta
- e) Produção de massa de vidraceiro.
- f) Produção de farinha para ração animal.
- g) Geração de energia elétrica.
- h) Não sei/outro.

ANEXO B: Questionário 2: Levantamento junto ao comércio alimentício sobre descarte e aproveitamento do óleo residual de fritura.

Este Questionário será usado como fonte de dados para desenvolvimento de parte da dissertação do aluno Elder Magno Gava Ferrão para conclusão de seus estudos no Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, do Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Bambuí M.G.. As informações levantadas são sigilosas e serão tratadas coletivamente.

QUESTIONÁRIO AOS EMPRESÁRIOS DA ÁREA DE ALIMENTAÇÃO COMO RESTAURANTES/LANCHONETES/BARES/PADARIAS.....

Data do Preenchimento do questionário: ____/____/____

1. A sua empresa é:

(A) Um restaurante (B) Um bar (C) Uma lanchonete (D) Outro
2. Quantas pessoas, em média, é atendida/dia, em seu estabelecimento?

3. **Quantos litros** de óleo de soja são comprados, em média, **por mês**, em seu estabelecimento?_____
4. Quantas **vezes/semana**, em média, vocês usam óleo de soja **para fritura**?_____
5. Qual o **volume, em L**, de óleo residual de soja, **gerado/mês** em seu estabelecimento?_____
6. Esse óleo é reutilizado para preparo de outros alimentos, como refogar arroz, temperar feijão, fazer pão/bolo, salgados, etc...?(A) Sim (B) Não.
7. Quem é responsável pelo descarte do óleo residual de fritura em seu estabelecimento?

(A) O gerente (B) Um empregado da limpeza
(C) Um empregado da área de preparo dos alimentos (D) Não há um pessoa específica.
8. O destino dado a esse óleo residual de fritura é:

g) Descartar na pia.
h) Descartar no solo.

- i) Guardar em frascos e enterrá-lo.
- j) Guardar em frascos e descartar junto aos outros lixos.
- k) Guardar em frascos e doar para reciclagem.
- l) Não sei/outro. _____

9. Qual(is) o(s) impacto(s) ambiental(is) causado(s) pelo descarte inadequado do óleo residual de fritura, dos listados abaixo, você tem conhecimento?

- g) Interferência na cadeia alimentar dos ecossistemas
- h) Entupimento/rompimento de encanamentos.
- i) Mau funcionamento de estações de tratamento de água.
- j) Impermeabilização de solos.
- k) Erosão/corrosão do solo
- l) Não sei.

10. Qual(is) a(s) forma(s) para descartar o óleo residual de fritura, dos listadas abaixo, você considera a(s) mais correta(s) ?

- a) Na pia.
- b) Espalhando-o sobre o solo.
- c) Enterrando-o no solo.
- d) Acondicionando-o em um vasilhame plástico e enterrando-o.
- e) Acondicionando-o em um vasilhame plástico e colocando-o junto aos outros lixos.
- f) Acondicionando-o em um vasilhame plástico, separando-o do lixo doméstico e entregando-o para empresa de reciclagem.
- g) Não sei.

11. Qual (is) o(s) uso(s) do óleo residual de fritura para fim(s) comercial(is), dos listados abaixo, você conhece?

- i) Produção de sabão
- j) Produção de biodiesel
- k) Produção de glicerina

- l) Produção de tinta
- m) Produção de massa de vidraceiro.
- n) Produção de farinha para ração animal.
- o) Geração de energia elétrica.
- p) Não sei/outro.

12. Você tem conhecimento de alguma pessoa/empresa privada/ empresa pública/outro que recolhe óleo residual de fritura para reaproveitamento em algum dos fins comerciais citados na questão 11? (1)sim (2)Não. Se sim, qual(is)? ()a ()b ()c ()d ()e ()f ()g

13. Se sim, essa empresa está situada em sua cidade? (1) Sim (2) Não.

14. Qual seria sua visão caso fosse implantada em sua cidade uma empresa para reutilização de óleo residual de fritura?

(A) Indiferente, pois nada acrescentaria ao desenvolvimento da cidade e de meu comércio.

(B) Apoiaria, pois traria desenvolvimento econômico para a cidade e melhoraria meus lucros.

(C) Apoiaria, pois traria vantagens sociais, ambientais e econômicas para a população em geral e para meu comércio.

(D) Não apoiaria, pois seria um trabalho a mais sem nenhum resultado para meu comércio

15. Se fosse implantado, em sua cidade, uma indústria que utilizasse o óleo residual de fritura para reciclagem em um dos fins comerciais listados no item 11, sua empresa faria parte da cadeia de recolhimento desse resíduo? (A) sim (B) Não.

16. Se sim, de forma: (A) gratuita (B) remunerada.

ANEXO C: Gabarito de respostas do questionário 2.

TABELA DE RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO
EMPRESARIAL → DATA: ____/____/____

Empresa: _____

Endereço: _____

QUESTÕES	RESPOSTAS																	
1	A				B				C				B					
2																		
3																		
4																		
5																		
6	A								B									
7	A				B				C				D					
8	A			B			C			D			E			F		
9	A			B			C			D			E			F		
10	A		B		C		D		E		F		G					
11	A		B		C		D		E		F		G		H			
12	1	2	A	B	C	D	E	F	G	H								
13	A								B									
14	A				B				C				D					
15	A								B									
16	A								B									

ANEXO D: Contextualização do orçamento de licenciamento ambiental:**BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO**

Segundo a Deliberação Normativa COPAM 217/2017, a principal atividade desenvolvida nesta propriedade urbana (área industrial), enquadra-se na Listagem C (Indústria de Produtos Químicos), sendo essa tipificada como sendo defabrição de biodiesel (código C-04-05-8).

A atividade de fabricação de biodiesel apresenta uma capacidade instalada de 4m³/dia, a partir do qual a produção do biodiesel far-se-á, através de qualquer óleo vegetal. Assim, a infraestrutura útil associada a essa atividade compreende: (a) Montada sobre skid de aproximadamente 20m² pode ser operada por 2 pessoas; (b) Capacidade de produção: 4.000 litros/dia; (c) Peso: 4.600 kg; (d) Dimensões: 6,65m x 2,40m x 2,80m; (e) Tempo de ciclo de produção: 1,5 horas; (f) Pressão de reação: 1 atm; (g) Eficácia da reação: 98%; (h) Potência instalada: 113 KW; (i) Voltagem: 3x 220/240/380/440/ DCA 60 Hz.

De acordo com os critérios estabelecidos pela DN COPAM 217/2017, o enquadramento legal da atividade em mérito, consiste em: (i) potencial degradador/poluidor: Grande; (ii) porte: Pequeno. Assim, tipifica-se a modalidade de licenciamento ambiental aplicável a atividade de fabricação de biodiesel como sendo de classe 4.

Considera-se que essa atividade está sujeita ao procedimento de licenciamento ambiental de LAC1 (Licença Ambiental Concomitante – única fase), ou seja, licença prévia, instalação e operação, de tal modo que essas poderão ser requeridas e expedidas concomitantemente. Portanto, o licenciamento ambiental da atividade de fabricação de biodiesel deverá ser instruído da elaboração dos estudos ambientais EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto do Meio Ambiente).

ANEXO E: Proposta comercial de orçamento de licenciamento ambiental:**PROPOSTA COMERCIAL**

Arcos, 05 de fevereiro de 2018.

Estimado senhor Elder Magno Gava Ferrão,

Venho respeitosamente, apresentar, proposta comercial referentes à prestação de serviço técnico especializado para a elaboração de estudos técnicos ambientais aplicáveis ao licenciamento ambiental da atividade de fabricação de biodiesel no município de Ubá-MG. Dessa forma, segue abaixo, conteúdo programático dos serviços:

Atividade	Valor (R\$)
Elaboração de EIA/RIMA	R\$ 114.820,00
Custo de análise de estudos ambientais ¹	R\$ 32.256,37 ²
Total	R\$ 147.176,37

¹ Emolumentos referentes a análise do processo de licenciamento ambiental estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

² Não está incluído o valor da compensação ambiental exigida pelo órgão ambiental competente.

Tenho sempre uma grande honra e satisfação em atendê-lo. Aguardo a confirmação da Vossa Solicitação.

Atenciosamente,

Sérgio Augusto Alves Rodrigues Barbosa

Engenheiro Ambiental e Sanitarista

CREA-MG 188.864-D

aeropixelmg@gmail.com
aeropixelmg.com.br

37 9 9826.3225

ANEXO F: Resposta de orçamento das mini-indústrias de biodiesel (e-mail).

Sr. Elder, boa tarde!

A Biotechnos localizada no Rio Grande do Sul, comercializa as usinas de biodiesel.

Segue orçamento abaixo:

UB 1.000 - R\$ 286.000,00 (Duzentos e oitenta e seis mil reais)

UB 2.000 - R\$ 327.000,00 (Trezentos e vinte e sete mil reais)

UB 5.000 - R\$ 388.000,00 (Trezentos e oitenta e oito mil reais)

A empresa possui unidades rodando em vários estados, inclusive na cidade de Itapira em Minas Gerais. Anexe o resumo do Relatório do Programa de Coleta de óleo saturado da AFUBRA de Santa Cruz do Sul, projeto muito interessante no qual tiveram participação com o fornecimento da unidade de biodiesel para o processamento do óleo coletado.

Em anexo, no arquivo CONSUMO UBD 1000 LITROS.pdf, segue a relação de equipamentos que compõem a unidade de biodiesel. Para uma usina com capacidade para 2.000 litros, a única diferença é o tamanho dos tanques e do reator, e o consumo de energia é cerca de 20% maior em relação ao da usina de 1000 litros. Fico à disposição para maiores informações.

ANEXO G: Consumo energético da UB 1.000

USINA DE BODIESEL 1000 LITROS

DESCRIÇÃO	MODELO	MARCA	QTD.	POTENCIA (W)	TEMPO FUNCIONAMENTO (Hora/dia)	CONSUMO DIÁRIO (kW)
MOTOR 1 (REATOR)	W21 Alumínio - Multimontagem (1 CV, 8 POLOS, TRIFÁSICO 220/380 V)	WEG	1	745	5	3,73
MOTOR 2 (CATALIZADOR)	W21 Alumínio - Multimontagem (0,33 CV, 8 POLOS, TRIFÁSICO 220/380 V)	WEG	1	246	1,5	0,37
MOTOR 3 (TRANF. AQUEC.)	W22 IP55 TRIFÁSICO, 220/380 (1 CV 6 POLOS)	WEG	1	745	6	4,47
MOTOR 4 (TRANF. CATALIZ.)	W22 IP55 TRIFÁSICO, 220/380 (0,5 CV 8 POLOS)	WEG	1	375	2	0,75
MOTOR 5 (TRANF. DECANT.)	TRIFASICO 220/380 (1 CV)	WEG	1	750	5	3,75
MOTOR 6 (TRANF. FILTRAGEM.)	TRIFASICO 220/380 (0,5 CV)	WEG	1	375	6	2,25
MOTOR 7 (TANQUE RESF.)	MOTO BOMBA CENTRIFUGA ICS-50 (0,5 CV, MONOFÁSICO 220V)	MOTOMIL	1	375	4	1,50
RESISTÊNCIA (AQUECIMENTO.)	RESISTENCIA TUBULAR FLANGE INOX 3500WX220/380V	RESIMAX	3	10500	3	31,50
RESISTÊNCIA (RECUPERADOR)	RESISTENCIA TUBULAR FLANGE INOX 3000WX220/380V	RESIMAX	3	9000	4	36,00
UNIDADE RESFRIAMENTO	220V-1F,2 VENTILADORES 1,0HP	ELGIN	1	940	5	4,70
TOTAL 24051 W						89,014 kW