

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA
BIOMASSA



ALEX AGUIAR DA SILVA

**Avaliação econômica e ambiental da utilização de óleos residuais
de origem comercial e industrial da cidade de Maceió para
fabricação de Biodiesel**

Rio Largo
2019

ALEX AGUIAR DA SILVA

**Avaliação econômica e ambiental da utilização de óleos residuais
de origem comercial e industrial da cidade de Maceió para
fabricação de Biodiesel**

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Energia da Biomassa.

Orientador(a): Prof(a). Dr.(a) Karla
Miranda Barcellos

Rio Largo
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário Responsável: Marcelino de Carvalho

- S586a Silva, Alex Aguiar da.
Avaliação econômica e ambiental da utilização de óleos residuais comerciais e industriais da cidade de Maceió para fabricação de biodiesel / Alex Aguiar da Silva. – 2019.
50 f. : il. color.
- Orientadora: Karla Miranda Barcellos.
Dissertação (Mestrado Profissional em Energia da Biomassa) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa. Rio Largo, 2019.
- Bibliografia: f. 46-49.
Anexo: f. 50.
1. Biocombustíveis - Aspectos econômicos. 2. Biocombustíveis - Aspectos ambientais. 3. Resíduos biodegradáveis - Maceió (AL). I. Título.

CDU: 620.91(813.5)

TERMO DE APROVAÇÃO

ALEX AGUIAR DA SILVA

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS RESIDUAIS DE ORIGEM COMERCIAL E INDUSTRIAL DA CIDADE DE MACEIÓ PARA FABRICAÇÃO DE BIODIESEL.

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre Profissional em Energia da Biomassa, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

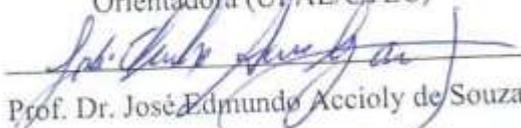
A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Aprovado em 05/04/2019



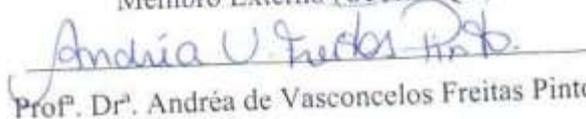
Prof.ª Dr.ª Karla Miranda Barcellos

Orientadora (UFAL/CTEC)



Prof. Dr. José Edmundo Accioly de Souza

Membro Externo (UFAL/IQB)



Prof.ª Dr.ª Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto

Membro Interno (CECA/UFAL)

Rio Largo – AL

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder sabedoria, força e perseverança que foram fundamentais para conclusão desse trabalho;

Aos meus pais e minha irmã pelo incentivo constante, principalmente em momentos de desânimo;

A minha esposa pelo companherismo diário e por aturar várias noites de estresse, além de sempre me apoiar e incentivar na participação de congressos e publicação de artigos;

Ao meu sogro e minha sogra pelo acolhimento e receptividade de sempre desde que cheguei aqui no estado de Alagoas.

A minha orientadora, Karla Barcellos, por me orientar diversas vezes e me guiar de maneira atenciosa e constante e por acreditar no sucesso deste trabalho;

Ao diretor do IFAL Campus Coruripe, José Roberto Alves Araújo, pelo incentivo desde o dia que fiz a minha inscrição para participar da seleção no mestrado, além de me indicar para participação em eventos e palestras;

Aos meus amigos e professores do curso, que representaram uma experiência excepcional na minha vida acadêmica e pessoal;

A professora Andréa Pinto e ao professor José Edmundo, que, na minha qualificação, fizeram intervenções fundamentais para o aprimoramento desse projeto;

A todos os representantes de restaurantes e hotéis que investiram poucos minutos de seu tempo corrido e escasso para me conceder respostas a questionamentos que realizei nesses estabelecimentos;

A todos que contribuíram de maneira dirata ou indireta para a concretização desse trabalho, meu muito obrigado!

*“Você não tem inimigos?
Tenho, mas eu quero todos vivos.
Um homem deve ter inimigos.
Por que houvera de querer matá-los?
Se fosse assim, eu também matava a morte,
a covardia, delegado safado, a velhice, a doença.
Deixe meus inimigos vivos, viu?
Não bula com eles não.”*

Leléo da Anunciação - Lisbela e o Prisioneiro

RESUMO

O crescente aumento da população atrelado ao aumento exponencial de consumo de energia no mundo, vem trazendo consigo sérios problemas e danos ambientais severos e intensos. Atrelado a esse dramático cenário, o descarte incorreto de resíduos líquidos domiciliares, como óleos residuais, vem intensificando a agressão antropogênica ao meio ambiente. Nessa perspectiva, esse trabalho tem como objetivo realizar a avaliação econômica da produção de um biocombustível que vem se mostrando promissor, a saber, o biodiesel. A principal matéria prima para obtenção desse biocombustível foi o óleo residual, tornando o projeto mais atrativo por não necessitar de fontes não renováveis para a sua produção, como o petróleo, além de conservar o meio ambiente, tendo em vista sua contribuição para o não descarte de óleos residuais em locais impróprios. O local avaliado foi o município de Maceió, localizado no estado de Alagoas, cuja disponibilidade de óleo mensal foi de 28.640,98 L, e a avaliação econômica resultou em um Payback Descontado de 4,21 anos, Valor Presente Líquido de R\$ 17.333,83, Taxa Interna de Retorno de 10,75% e Índice de Rentabilidade de 1,16 além de uma Análise de Sensibilidade favorável para quatro parâmetros, que foram: preço do óleo comprado, preço do biodiesel vendido, eficiência de reação e quantidade de metanol utilizado.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Economia; Meio Ambiente.

ABSTRACT

The growing population, coupled with the exponential increase in energy consumption in the world, has brought with it serious problems and severe environmental damage. Linked to this dramatic scenario, the incorrect disposal of household liquid waste, such as waste oils, has been intensifying anthropogenic aggression to the environment. From this perspective, this work aims to carry out the economic evaluation of the production of a biofuel that has been promising, namely biodiesel. The main raw material to obtain this biofuel was the residual oil, making the project more attractive because it does not need non-renewable sources for its production, like oil, besides conserving the environment, considering its contribution to the non-discarding of waste oils in inappropriate places. The site evaluated was the municipality of Maceió, located in the state of Alagoas, whose monthly oil availability was 28,640.98 L, and the economic evaluation resulted in a Discounted Payback of 4.21 years, Net Present Value of R \$ 17,333, 83, Internal Rate of Return of 10.75% and Profitability Index of 1.16 plus a favorable Sensitivity Analysis for four parameters, which were: price of purchased oil, price of biodiesel sold, reaction efficiency and quantity of methanol used

Keywords: Biofuels; Economy; Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do Marco Regulatório do Biodiesel	16
Figura 2 – Mapeamento de Usinas de Biodiesel no Brasil.....	17
Figura 3 – Relação Entre Poluentes e o Biodiesel.....	19
Figura 4 – Caracterização do Biodiesel de algumas oleaginosas.....	20
Figura 5 – Comparativo de emissão de fumaça do diesel e biodiesel de óleo de piqui.....	20
Figura 6 – Transesterificação de Triglicérides.....	23
Figura 7 – Produção de Biodiesel	24
Figura 8 – Reação de saponificação.....	25
Figura 9 – Localização dos principais hotéis de Maceió (mancha azul escura).....	27
Figura 10 – Localização dos principais restaurantes de Maceió.....	28
Figura 11 – Diagrama da mini usina.....	30
Figura 12 – Fluxograma de aquisição de óleo.....	27
Figura 13 – Esquema de VPL.....	33
Figura 14 – Sensibilidade do preço do óleo.....	41
Figura 15 – Sensibilidade do preço do biodiesel.....	42
Figura 16 – Sensibilidade da eficiência da reação.....	43
Figura 17 – Sensibilidade da quantidade de metanol.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equipamentos para transesterificação de óleo residual.....	32
Tabela 2 – Respostas dos hotéis entrevistados.....	36
Tabela 3 – Respostas dos restaurantes entrevistados.....	37
Tabela 4 – Preços de insumos.....	38
Tabela 5 – Produção por batelada de óleo sem pré-tratamento ácido.....	38
Tabela 6 – Produção por batelada de óleo com pré-tratamento ácido.....	39
Tabela 7 – Custos de implementação e custos anuais.....	39
Tabela 8 – Análise de investimento para os 5 primeiros anos.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGL – Ácido Graxo Livre

ANP – Agência Nacional do Petróleo

AS – Análise de Sensibilidade

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CV – Cavalo Vapor

CV – Cavalo Vapor

FC_0 – Fluxo de caixa no momento zero

FC_j – Valor de entrada/saída previsto

i – Taxa de desconto

IR – Índice de Rentabilidade

j – Períodos

MME – Ministério de Minas e Energia

OAU – Óleo Alimentar Usado

PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PBD – *Payback* Descontado

PIS – Programa de Integração Social

PM – Material Particulado

rpm – Rotação por Minuto

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 DETERMINAÇÃO DE OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 A questão histórica do biodiesel.....	15
3.2 Biodiesel e impactos ambientais.....	18
3.3 Processamento do biodiesel.....	22
3.4 Avaliação econômica da produção de biodiesel.....	25
4 METODOLOGIA.....	27
4.1 Área de estudo	27
4.2 Seleção de parâmetros para obtenção de biodiesel.....	29
4.3 Avaliação econômica.....	31
4.3.1 Payback Descontado - PBD.....	32
4.3.2 Valor Presente Líquido - VPL	33
4.3.3 Taxa Interna de Retorno - TIR	34
4.3.4 Índice de Rentabilidade - IR.....	34
4.3.5 Análise de Sensibilidade - AS	35
5 RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÕES.....	36
6 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	46
ANEXO A	50

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas pode-se notar claramente que a demanda por energia vem crescendo exponencialmente, de forma que o consumo mundial de combustíveis fósseis aumentou em uma proporção bem maior que o ritmo de sua produção. Segundo Garcia (2006), até 2030 estima-se que a demanda por energia cresça 60%, das quais 85% estão relacionadas com alguma forma de combustível fóssil. Ademais, vale resaltar que, segundo Sarmiento (2010), na atualidade dois fatores condicionam os rumos da área energética, sendo um deles o preço do petróleo bastante flutuante, passando a atingir patamares cada vez maiores. Assim sendo, a busca por energias renováveis vem se intensificando com o propósito de, entre outros, independender desses fatores desvantajosos para o cenário energético mundial.

Em adição a isso, a partícula inerte emitida pelo processo convencional de combustão de combustíveis fósseis (CO_2) contribui consideravelmente para a poluição ambiental (KARMEE; PATRIA; LIN, 2015). Biocombustíveis como biodiesel vem se destacando no cenário energético como uma das soluções plausíveis para minimização da dependência de combustíveis fósseis, variando também a matriz energética nacional. O uso do biodiesel quando comparado ao petrodiesel, reduz significativamente as emissões de enxofre (20%), anidro carbônico (9,8%), hidrocarbonetos não queimados (35%), material não particulado (55%), gases do efeito estufa (78 a 100%), compostos sulfurados e aromáticos (100%) (SILVA, 2008).

Além do impacto ambiental causado pela queima de combustíveis fósseis, o meio ambiente também pode ser atingido de outras maneiras, tais como descarte incorreto de resíduos, sejam eles sólidos ou líquidos. Um desses poluentes líquidos, a saber, o óleo residual de fritura, se for despejado de maneira incorreta (como em ralos de pia), pode ocasionar o entupimento de tubulações domiciliares e, ao alcançar rios, compromete a penetração de oxigênio e a entrada de luz, além de comprometer lençóis freáticos quando esses óleos são descartados indevidamente no solo (MONTE et al., 2015).

Uma das rotas de obtenção de biodiesel é justamente através de óleos residuais oriundos de frituras. Com isso, ao reaproveitar-se esses tipos de óleos para fabricação do biodiesel, ganha-se em termos energéticos (pois diversifica-se a matriz energética), ambientais (devido a diminuição de poluentes ao meio ambiente e descarte inadequado de resíduos líquidos) e sociais, tendo em vista que a participação social torna a fabricação de biodiesel a partir de óleos de fritura um investimento ainda mais rentável.

O processo que ainda hoje predomina para produção de biodiesel é o processo de transesterificação via catálise homogênea em meio alcalino. Diante de um histórico de tantos anos, trata-se de um processo já consolidado industrialmente, que possui balanços mássicos e energéticos bem conhecidos, bem como equipamentos e operações bem adaptadas, permitindo produzir biodiesel com qualidade especificada por qualquer uma das normas hoje vigentes ao redor do mundo (DOMINGOS, 2010).

Tendo em vista que o estado de Alagoas não possui ainda uma usina de produção de biodiesel através de óleo residual de fritura, seja em grande ou média escala, este trabalho dedicar-se-a a avaliar sob aspectos econômicos e ambientais, a produção desse biocombustível em média escala de produção. Para tal, foi feito uso de indicadores de viabilidade econômica, tais como: Método *Payback* Descontado (PBD), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Rentabilidade (IR) e Avaliação de Sensibilidade (AS) . Para que esses indicadores possam traduzir uma realidade fidedigna, foi realizada uma pesquisa de campo nos principais bares, restaurantes e hotéis de Maceió, de forma que foram levantados a quantidade média de óleo residual nesses estabelecimentos e informações complementares que justifiquem a implementação desse nicho de mercado no estado de Alagoas.

Nessa perspectiva, foi analisado no presente trabalho a viabilidade deste tipo de produção no município de Maceió e sob quais condições, de modo que, sendo viável, abrirá mais um nicho de mercado inédito no estado e contribuirá para uma maior conservação e manutenção do meio ambiente do estado, mantendo assim o seu título de “Paraíso das Águas” e de conter uma das mais belas orlas marítimas do país, rodeado de praias paradisíacas.

2 DETERMINAÇÃO DE OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade econômica e ambiental da produção de biodiesel em média escala tendo como insumo a utilização de óleo residual de frituras no município de Maceió.

2.2 Objetivos Específicos

- 1 – Consultar a demanda de óleos residuais gerados por bares, restaurantes e hotéis do município de Maceió;
- 2 – Avaliar, com base na oferta de óleo calculada, a quantidade de biodiesel que poderá ser produzida;
- 3 – Levantar os custos fixos e variáveis do processo de produção de biodiesel;
- 4 – Avaliar economicamente a produção de biodiesel tendo como base a quantidade de óleo disponível e os gastos atrelados a sua produção.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A questão histórica do biodiesel

O emprego de óleos vegetais como combustível, ao contrário do que muitos pensam, é conhecido desde a fabricação dos primeiros motores diesel. Um dos fatos mais marcantes foi em 1900, quando Rudolf Diesel mostrou ao público em uma exposição em Paris um motor funcionando com óleo de amendoim, a pedido do governo francês que, naquela época, possuía várias colônias típicas tropicais que produziam esse óleo (DIB, 2010). Segundo Knothe *et al* (2005), Diesel ainda afirmava que experimentos similares foram realizados em São Petersburgo com óleo de mamona e óleos animais.

Ainda segundo Knothe *et al* (2005), aparentemente, a patente belga 422.877 concedida em 31 de agosto de 1937 representa o primeiro relato do que hoje é conhecido como biodiesel. Em 1938, ainda na Bélgica, o pesquisador Chavanne (dono da patente supracitada) tornou possível o percurso de mais de dois mil quilômetros do primeiro ônibus utilizando biodiesel. No Brasil, esta patente de produção do biodiesel veio surgir em 1980 através do documento “Processo de produção de combustíveis a partir de frutos ou sementes de oleaginosas” Pi-8007957 (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009). Nota-se portanto que a tecnologia de processamento deste biocombustível não é algo novo, de forma que sua técnica de obtenção vem sendo constantemente aprimorada ao ponto de, hoje em dia, estar totalmente consolidada.

No entanto, mesmo sendo o processo de obtenção de biodiesel tão conhecido, a rediscussão do uso de óleos e gorduras como fontes de combustível líquido foi retomada apenas por volta de 1973, devido a elevação de produção de combustíveis fósseis oriundos de petróleo, quando ficou evidente para o mundo a necessidade da busca por fontes alternativas. Dessa forma, o governo brasileiro criou o Pró-Óleo, o qual tinha como principal objetivo a adição de óleos vegetais e seus derivados ao óleo diesel em 30%, mas este programa foi abandonado em 1986 devido à normalização no preço do petróleo de forma que, apenas em 1990 o biodiesel entrou em pauta novamente tendo como propulsor a preocupação com os efeitos climáticos causados por combustíveis fósseis e com a crise mundial no oriente médio agravada em 2001 devido a real possibilidade de esgotamento das fontes de petróleo (PINHO; SUAREZ, 2017). Similar ao acontecimento no Brasil, os Estados Unidos, preocupados com o aumento descontrolado do petróleo e a perspectiva de que houvesse falta deste produto, incentivaram o desenvolvimento de projetos sobre o uso de biocombustíveis na Universidade Estadual de Ohio durante a Segunda Guerra Mundial (KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, 2005).

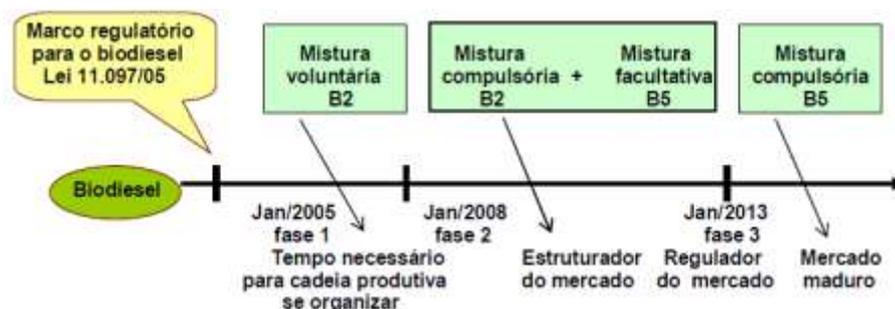
Com as novas oscilações no preço do petróleo que passou dos 140 dólares o barril em 2008 e em 2009 ficando na faixa dos 80 dólares, a reafirmação da consolidação da necessidade de desenvolvimento de fontes alternativas de energia ganha ainda mais propulsão, em especial, as renováveis (DOMINGOS, 2010).

Em 2005, a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, conceituou biodiesel como “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” (SILVA, 2008).

O biodiesel pode ser usado puro ou em misturas ao diesel de petróleo. No caso de misturas a concentração de biodiesel é informada através de nomenclatura específica, definida como BX, onde X refere-se à percentagem em volume do biodiesel. Assim, B2, B5 e B20 referem-se aos combustíveis com uma concentração de 2%, 5% e 20%, respectivamente, de biodiesel adicionado ao diesel (MA; HANNA, 1999).

O projeto de Lei que promoveu a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira foi a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, onde a obrigatoriedade do uso deste biocombustível pode ser visto no artigo 2º da referida lei, em um teor de 2,0%, a saber, B2. Em janeiro de 2008 entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2,0% e, com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 9,0% e, no ano que vem, passará para 10% (“ANP”, 2018). A figura abaixo ilustra a evolução da legislação brasileira com relação ao biodiesel até meados de 2014.

Figura 1 - Evolução do marco regulatório do biodiesel



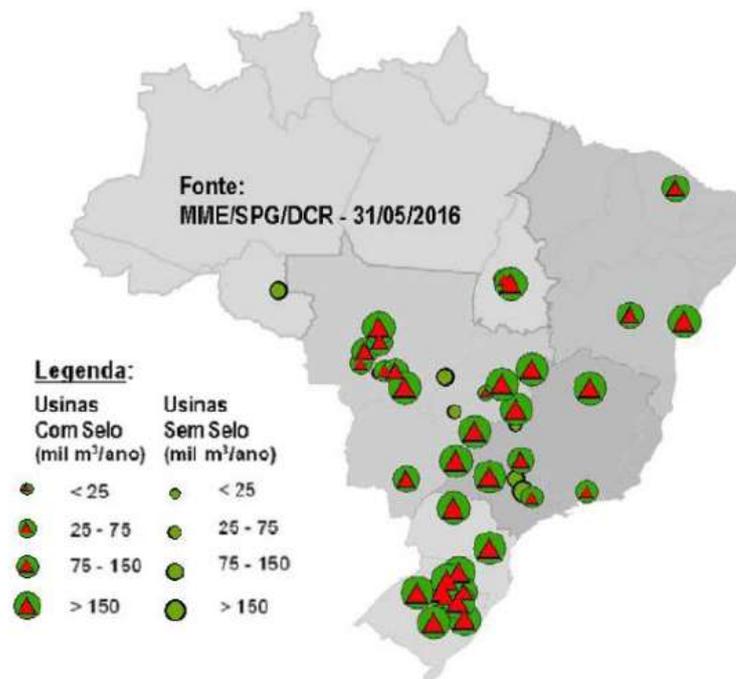
Fonte:(CHRISTOFF, 2006)

Alguns decretos também foram fundamentais para implementação e viabilização da produção de biodiesel no Brasil. A exemplo temos o decreto nº 5.457, de 06 de junho de 2005, e o decreto nº 5.297, de 06 de dezembro de 2004, onde ambos promovem a redução das alíquotas

da contribuição para o PIS/PASEP e da CONFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel. Somado a isso, também vale resaltar a existências de algumas portarias, sendo a mais impactante para o setor produtivo de biodiesel a portaria MME-Ministério de Minas e Energia n° 483, de 3 de outubro de 2005, a qual estabelece as diretrizes para a realização pela ANP de leilões públicos de aquisição de biodiesel de que trata o art. 3°, da Resolução do CNPE n° 3, de 23 de setembro de 2005 e a portaria. No que diz respeito a avaliação qualitativa do biodiesel produzido, a ANP tem disponibilizados resoluções tais quais a n° 45/2014 que estabelece a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP n° 3/2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional.

Atualmente, as usinas produtoras de biodiesel estão localizadas, majoritariamente, na região Centro-Oeste e Sul. A figura 2 ilustra um mapeamento de usinas com selo e sem selo e nota-se que, na região Nordeste existem pouquíssimas usinas e que, no estado de Alagoas, não existe qualquer tipo de usina de produção de biodiesel, favorecendo, portanto, a implementação desse nincho de mercado até então inovador no referido estado.

Figura 2 - Mapeamento de Usinas de Biodiesel no Brasil



Fonte: (DANTAS, 2016)

O mercado mundial de biodiesel tem crescido fortemente durante os últimos anos. O aumento dos preços do petróleo, assim como a busca por fontes de energia renováveis

motivaram as principais potências a incrementar a participação destes combustíveis nas suas matrizes energéticas, haja vista que na composição da futura matriz energética mundial, a maioria dos estrategistas aponta para uma maior utilização de biocombustíveis, especialmente o biodiesel. Além do mais, quando comparado com o preço no mercado mundial do petróleo, o biodiesel vem se tornando cada vez mais atrativo. O *break-even point* é o parâmetro que indica justamente qual o preço do petróleo a partir do qual a produção de outros biocombustíveis é rentável, e quando aplicado a biocombustíveis oriundos de oleaginosas esse valor é de US\$ 60,00, tornando esse biocombustível bastante atrativo tendo em vista os preços atuais do petróleo (LORA; VENTURINI, 2012).

Nota-se, portanto, que o biodiesel, assim como tantos outros biocombustíveis, tem sua história permeada por descobertas fascinantes, dificuldades e regulamentações, de forma que, o que aconteceu na exposição de Paris, em 1900, foi apenas o marco de uma história que ainda gerará muitas novidades deste nicho energético ainda considerado inovador em muitas regiões do país.

3.2 Biodiesel e impactos ambientais

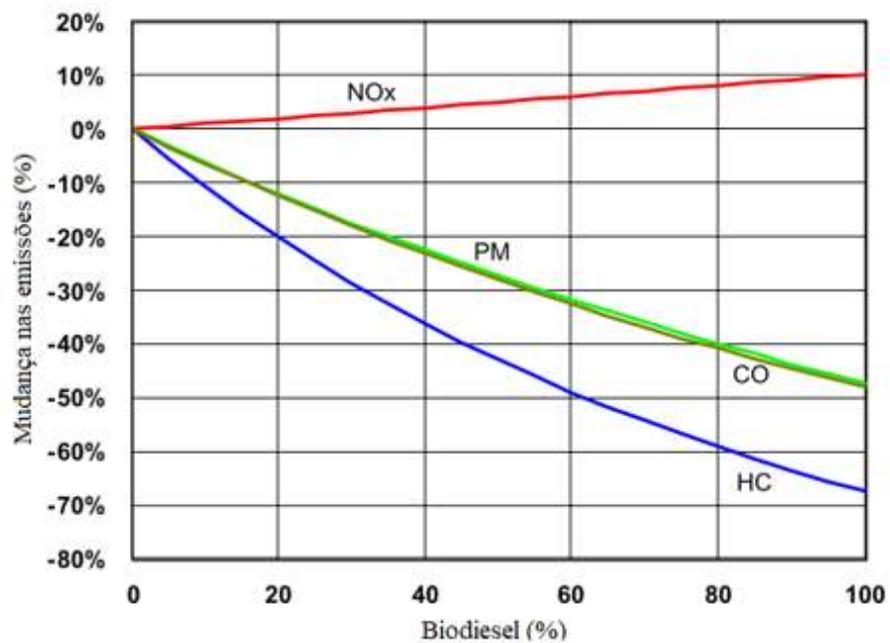
O meio ambiente no qual vivemos muda continuamente devido a “causas naturais” sob as quais temos pouco controle. No entanto, após a Revolução Industrial no final do século 18 e particularmente no século 20, a agressão antropogênica ao meio ambiente tornou-se mais importante devido ao aumento populacional e ao grande aumento de consumo pessoal, principalmente nos países industrializados, de forma que tais problemas são uma causa importante da perda da biodiversidade (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

No que se refere a poluentes urbanos, Goldemberg (1998) também afirma que os cinco principais são:

- Óxidos de enxofre (SO_x , principalmente SO_2);
- Óxidos de nitrogênio (NO_x e principalmente óxido nítrico – NO – e dióxido de nitrogênio - NO_2);
- Monóxido de carbono (CO);
- Matéria particulada suspensa;
- Ozônio.

Uma pesquisa publicada pela revista *United States Environmental Protection Agency* (2002) revelou que, devido ao crescente interesse pelo uso de biodiesel, foi feita uma análise abrangente dos impactos de emissão deste biocombustível. Esta investigação utilizou análise de regressão estatística para correlacionar a concentração de biodiesel em combustível diesel convencional com mudanças nos poluentes conforme pode ser observado na Figura 3 :

Figura 3 - Relação entre poluentes e o Biodiesel



Fonte: (STATES, 2002)

É possível observar que os índices de CO e material particulado (PM) decrescem consideravelmente com o aumento da quantidade de biodiesel no diesel tradicional. Este índice é de extrema valia pois, segundo Goldemberg (1998), os sistemas de transportes são responsáveis por mais de 70% de todas as emissões de monóxido de carbono, de forma que a utilização de biodiesel ao invés de petrodiesel nos transportes atenuaria consideravelmente esse dado.

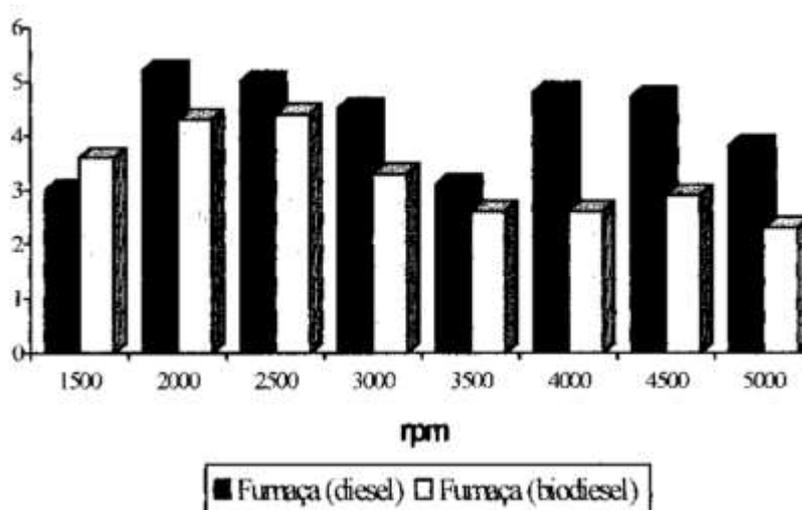
Outras características marcantes do biodiesel, independente da oleaginosa a que o mesmo utiliza como matéria-prima, é a redução (ou até mesmo eliminação) do teor de enxofre, sem contar com redução notória do teor de cinzas na combustão (Figura 4).

Figura 4 – Caracterização do Biodiesel de algumas oleaginosas

Características	Origem do biodiesel					Óleo diesel*
	mamona	babaçu	dendê	algodão	piqui	
Poder calorífico (kcal/kg)	9046	9440	9530	9520	9590	10824
Ponto de névoa (°C)	-6	-6	6	nd	8	1
Índice de cetano	nd	65	nd	57,5	60	45,8
Densidade a 20°C (g/cm ³)	0,9190	0,8865	0,8597	0,8750	0,8650	0,8497
Viscosidade a 37,8° (cSt)	21,6	3,9	6,4	6,0	5,2	3,04
Inflamabilidade (°C)	208	nd	nd	184	186	55
Ponto de fluidez (°C)	-30	nd	nd	-3	5	nd
Destilação a 50% (°C)	301	291	333	340	334	278
Destilação a 90% (°C)	318	333	338	342	346	373
Corrosividade ao cobre	0	0	0	0	0	£2
Teor de cinzas (%)	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,014
Teor de enxofre (%)	0	nd	nd	0	0	0,24
Cor (ASTM)	1,0	0	0,5	1,0	1,0	2,0
Resíduo de carbono Conradson (%)**	0,09	0,03	0,02	nd	0,01	0,35

Fonte: (COSTA NETO et al., 2000)

Segundo Costa Neto *et al* (2000), a utilização de biodiesel no transporte rodoviário pesado oferece grandes vantagens para o meio ambiente, principalmente em grandes centros urbanos tendo em vista que a emissão de poluentes é menor que a do diesel oriundo de petróleo. Ainda afirma que ao serem comparados as emissões de fumaça provenientes de óleo diesel e biodiesel, verificou-se nitidamente que os menores índices corresponderam ao consumo de biodiesel, principalmente acima de 4000 rpm (Figura 5).

Figura 5 – Comparativo de emissão de fumaça do diesel e biodiesel de óleo de piqui

Fonte: (COSTA NETO et al., 2000)

As vantagens ambientais na utilização do biodiesel em detrimento do diesel são bastante notórias como foi visto até então. No entanto, quando se fala em utilizar óleo residual de fritura para produção deste mesmo biocombustível, agrega-se ainda mais vantagens ambientais.

Segundo o Freitas *et al* (2011), cada litro de óleo despejado no esgoto tem capacidade para poluir cerca de um milhão de litros de água e essa quantidade, diga-se de passagem, corresponde ao consumo de uma pessoa durante 14 anos. Por ser menos denso, o óleo forma um filme sobre a superfície da água dificultando a oxigenação, o que pode causar a morte de peixes e de outros animais, comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática e contribui para a ocorrência de enchentes e aquecimento do planeta (FREITAS; COELHO; MENECCUCCI, 2011; SABESP, [s.d.]). Além do mais, quando descartados em ralos de pias por exemplo, entupem as tubulações e acabam criando crostas que precisam ser removidas. Para tanto são usados produtos químicos tóxicos que aumentam custos na manutenção e tratamento de água (MONTE *et al.*, 2015).

Ainda segundo Monte *et al* (2015), em seu trabalho intitulado “Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo; Estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape I, Paulista – PE”, concluiu que 80% dos moradores da região descartam óleo de fritura de forma inadequada e que 61,1% conhecem algum malefício causado por tal prática. Sabe-se também que os óleos e gorduras depois de saturados são impróprios para novas frituras, em função de conferirem sabor e odor desagradáveis aos alimentos, bem como adquirirem características químicas comprovadamente nocivas à saúde. Assim sendo, não havendo utilização prática para os resíduos domésticos e comerciais, em geral são lançados na rede de esgoto (SERRÃO *et al.*, 2016), justificando de certo modo os resultados obtidos por Monte *et al* (2015). Em nível nacional, esse cenário é bem pior pois a quantidade de óleo de cozinha e gordura vegetal descartado no Brasil é de nove bilhões de litros de óleo de cozinha por ano, onde apenas 2,5% de todo esse óleo é reciclado, separado, coletado filtrado e reinserido na cadeia produtiva para atender a diversos segmentos da indústria (SERRÃO *et al.*, 2016).

Assim sendo, nota-se que os impactos ambientais a serem reduzidos com a utilização do biodiesel de óleo residual em substituição total ou parcial do diesel agregam bastante vantagens à conservação do meio ambiente pois, além de ser um combustível menos poluente, a sua principal matéria prima, a saber: o óleo residual, ganha um destino diferente de ralos de pia e tubulações de esgotos, e é a partir dessas perspectivas que muitas instituições como a SABESP e Recóleo vem investindo de forma maciça em programas de reciclagem de óleo residual.

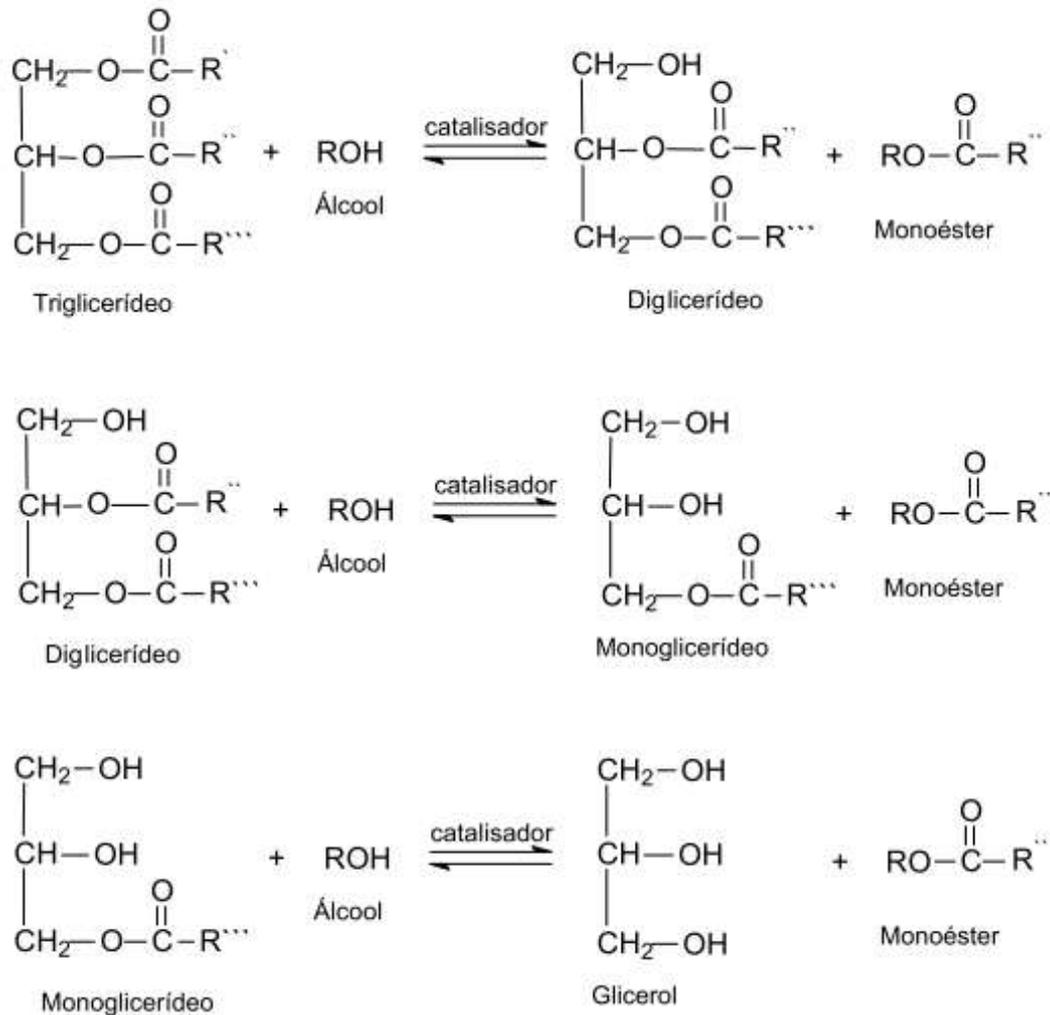
3.3 Processamento do Biodiesel

Antes de enveredar para o aspecto do processamento do biodiesel, faz-se necessário ter em mente o claro conceito do que é o biodiesel, pois este biocombustível chegou a ser confundido, tempos atrás, com etanol, óleos vegetais *in natura* e produtos de craqueamento catalítico de óleos (DOMINGOS, 2010). O biodiesel é portanto definido, segundo a Resolução nº 7 de 19 de março de 2008, na ANP, como um combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais conforme a especificação contida no regulamento técnico, parte integrante desta resolução.

O biodiesel, um combustível alternativo e renovável, pode ser obtido por diferentes processos, como craqueamento, esterificação e transesterificação (SILVA, 2008). No entanto, este trabalho discutirá apenas o processo de transesterificação haja vista que, segundo Domingos (2010), este é o processo que predomina na produção deste biocombustível, pois, diante de um histórico de tantos anos, trata-se de um processo já consolidado industrialmente, permitindo produzir biodiesel com qualidade especificada por qualquer uma das normas vigentes ao redor do mundo. Além do mais, uma gama de trabalhos científicos relacionados à transesterificação como processo de produção de biodiesel já foram publicados (COSTA NETO et al., 2000; GARCIA, 2006; SILVA; FREITAS, 2008; SILVA, 2011).

Na transesterificação dos óleos vegetais, um triglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador, produzindo uma mistura de ésteres alquílicos dos ácidos graxos e de glicerol. O processo total é uma sequência de três reações consecutivas e reversíveis, em que di – e monogliceróis são formados como intermediários (Figura 6).

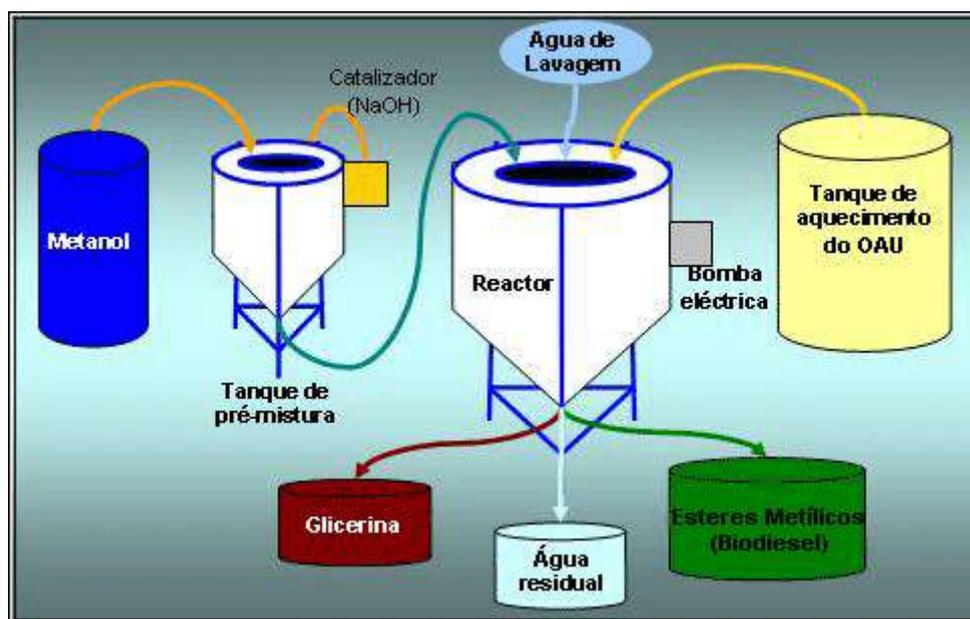
Figura 6 – Transesterificação de Triglicerídeos



Fonte: (SILVA, 2008)

No que diz respeito ao uso de catalizadores, os que mostram melhor desempenho são os alcalinos, a saber: KOH e NaOH (DOMINGOS, 2010; KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, 2005; KRAUSE, 2008; SILVA, 2008, 2011). O álcool a ser utilizado no processo de transesterificação deverá conter uma cadeia curta (RAIMUNDO et al., 2009). No Brasil, os mais abundantes são o Etanol e Metanol, sendo este último preferível por conter uma cadeia mais curta e atrelado a isso, as inúmeras vantagens elucidadas por Krause (2008), dentre elas, por ter menos consumo (45% menor do que o etanol anidro), ser mais barato e mais reativo, tendo portanto maior eficiência de produção. A figura 7 mostra um esquema de produção de biodiesel envolvendo os insumos aqui elucidados.

Figura 7 – Produção de Biodiesel



Fonte: (“Lamtec”, 2018)

Nota-se portanto que, o metanol e o catalizador básico são previamente misturados no tanque de pré-mistura. Logo após canalizado para o reator central onde é adicionado o óleo alimentar usado (OAU) pré-aquecido para dar início a reação de transesterificação. No fim temos a obtenção de biodiesel e glicerina pura que se forma na região inferior do reator e desce por gravidade, sendo caracterizada como um subproduto da reação de transesterificação tendo também valor comercial agregado haja vista sua utilização como aditivos para a indústria de alimentos, química e farmacêutica (APOLINÁRIO; PEREIRA; FERREIRA, 2012). Vale salientar que o mesmo reator central servirá para a etapa de lavagem do biocombustível, tornando-o mais isento de impurezas.

Sendo o OAU um subproduto do processo de cocção, o mesmo pode apresentar certas características não desejáveis e, a que mais influencia na produção de biodiesel, é a acidez. Essa acidez é oriunda do aumento de temperatura sofrido pelo óleo no próprio processo de cocção, promovendo a quebra das ligações moleculares dos ácidos graxos, promovendo a obtenção de ácidos graxos livres (AGL), aumentando assim o índice de acidez (ZANON, 2013). Neste caso, o óleo necessitará de um pré-tratamento pois, caso seja transesterificado com catálise básica e elevados índices de AGL, promoverá a obtenção de sabões e água conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Reação de saponificação

Fonte: (KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, 2005)

No que diz respeito ao pré-tratamento, foi feito o uso de ácidos e uma quantidade adicional de metanol. Após pré-tratado, o óleo irá baixar o índice de acidez e viabilizar a transesterificação com rendimento de reação adequado para produção de biodiesel em média escala. Os valores relativos a quantidades de cada elemento do pré-tratamento serão discutidos na metodologia deste trabalho.

3.4 Avaliação econômica da produção de biodiesel

A avaliação de um projeto consiste em identificar, quantificar, dar valor aos benefícios e custos atribuíveis a sua execução ao longo de toda sua vida. Normalmente esses benefícios e custos não ocorrem num só momento, mas ao longo do tempo, constituindo assim um fluxo. O conjunto de benefícios líquidos distribuídos no tempo de avaliação conforme o fluxo a partir do qual se calculam a maioria dos indicadores de rentabilidade que ajudam a decidir se o projeto é viável ou não. Alguns desses indicadores são o Valor Presente Líquido (VPL), Método *Payback* Descontado (MPD), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Rentabilidade (IR) e Análise de Sensibilidade (AS) (BOTTEON, 2009; SARMENTO, 2010).

Sob essa perspectiva de projeto assim como de sua avaliação, muitos trabalhos relacionados a avaliação econômica de produção de Biodiesel foram realizadas e seus resultados publicados.

Felizardo (2003), em seu trabalho intitulado “Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Usados de Frituras” conclui que a possibilidade de produzir biodiesel a partir de óleos alimentares usados constitui uma boa alternativa para esse resíduo, no entanto, ressalta que o destino a dar à glicerina é outra das questões colocadas quando se analisa a viabilidade econômica do biodiesel e salienta que é necessário encontrar novos mercados para esse subproduto. Felizmente, em um trabalho publicado por Apolinário *et al* (2012) o mesmo afirma que já existem infinitas aplicações da glicerina tais quais aditivos para indústria de alimentos, química e farmacêutica, produção de propeno e aditivo em solução com a água para compor um fluido térmico aplicado em processos industriais.

Christoff (2006) conclui que a produção de biodiesel a partir da transesterificação etílica do óleo residual de fritura é viável e que a matéria prima, a saber, o óleo residual, tem potencial para possuir custo zero caso haja o incentivo social de formação de cooperativas de coleta desses óleos.

Através de sua dissertação de mestrado, Encarnação (2007) conclui que, através da análise de índices tais como VPL, TIR e margem de lucro, os três projetos estudados (planta de hidrotransesterificação com ácido graxo na composição da matéria prima, hidrotransesterificação com óleo vegetal e sebo animal e transesterificação com óleo vegetal e sebo animal) são viáveis dentro de premissas razoáveis de custo de matéria prima e venda de produtos.

Silva (2008) conclui em seu trabalho que vale a pena reutilizar óleo descartado de frituras para produção de biodiesel e, com isso, fica identificado também um destino mais adequado a este resíduo que, no Brasil, é desprezado e parcialmente aproveitado.

Mais tarde, o estudo de viabilidade econômica feito por Sarmento (2010) da produção de biodiesel na região sudeste do Mato Grosso informa que a produção de biodiesel nesta região, a partir de óleo de soja, foi viável na usina denominada “tipo 1” dentre os dois tipos avaliados, a qual é caracterizada pelo autor como a que contém a etapa de extração e esmagamento do óleo inserido no processo produtivo.

Por fim, Dantas *et al* (2016) concluiu como sendo insatisfatório a produção de biodiesel haja vista que a TIR resultante de seu trabalho (6,67%) e o tempo de retorno (11 anos) obtidos ficaram abaixo da TMA estipulada pelo mesmo (25%). O mesmo considerou 2015 como o ano base de análise do seu projeto de planta piloto com capacidade de produção de 1000L/dia.

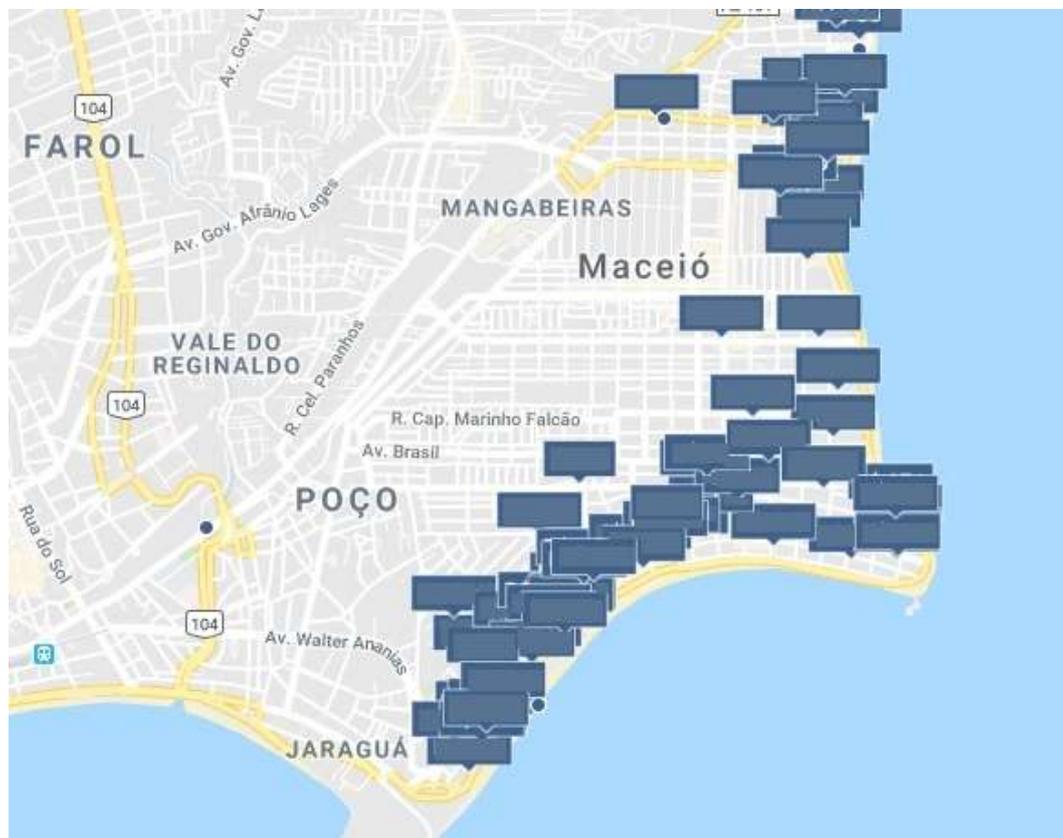
Assim sendo, verifica-se que, apesar da maioria dos resultados serem favoráveis à validação econômica do projeto de produção de biodiesel, ainda existem cenários onde isso não é possível, de forma que tal situação histórica aqui elucidada endossa ainda mais este trabalho a fim de averiguar sua viabilidade dentro dos parâmetros produtivos a serem estabelecidos e cenário sócio-ambiental no município de Maceió. Sabe-se porém que no estado de Alagoas não existe qualquer tipo de produção deste biocombustível, ainda que em média escala, e isso colabora fortemente para implementação pioneira de uma escala de produção, ainda que de porte mediano, haja vista que seria suficiente para fortalecer a rede industrial do estado além de promover geração renda e circulação monetária.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

A coleta do Óleo Alimentar Usado (OAU) é uma etapa primária e imprescindível antes de prosseguir com os métodos operacionais da conversão deste óleo em biodiesel via transesterificação assim como a avaliação econômica e ambiental deste processo. Para o levantamento dos dados, foi realizado um mapeamento em regiões estratégicas do município de Maceió com elevado potencial de coleta de óleo, como por exemplo, restaurantes, hotéis e *Fast Foods* de maior representabilidade na região (Figuras 9 e 10).

Figura 9 - Localização dos principais hotéis de Maceió (mancha azul escura), AL



Fonte: Google Maps, 2018

Figura 10 – Localização dos principais restaurantes de Maceió, AL



Fonte: Google Maps, 2018

Nota-se, portanto, que as principais redes hoteleiras e restaurantes estão situados majoritariamente na região da orla de Maceió. Assim sendo, foi feita uma amostragem para estimar o consumo médio de óleo desses estabelecimentos a fim de estipular a quantidade média desse resíduo que poderá ser concedida pelos mesmos. Essa estimativa foi de elevada importância pois incidu na avaliação econômica do processo assim como na matéria-prima disponível para fabricação do biodiesel.

Uma ferramenta bastante eficiente utilizada na amostragem aleatória dos estabelecimentos citados foi a entrevista com gerentes, empregados e proprietários de hotéis e restaurantes desses locais de maior representabilidade e elevado potencial de coleta desse óleo. Com isso, pôde-se obter valores mais fidedignos da quantidade de óleo residual descartado assim como informações complementares que contribuem indiretamente para o sucesso do empreendimento. A entrevista foi feita via formulário com quatro perguntas e uma observação (Anexo A). Foram elas:

- 1) Qual a quantidade média de óleo de fritura descartado?
- 2) Qual o destino que você dá a esse óleo?
- 3) Você estaria disposto a entregar esse óleo para produção de biodiesel?
- 4) Você sabe como é prejudicial ao meio ambiente quando o óleo é descartado de maneira incorreta?

Observações Adicionais: Informe o que você sabe sobre o aproveitamento de óleo de fritura e se você enxerga com bons olhos o aproveitamento dele para produção de biodiesel.

Ao fim deste levantamento, foi calculado a quantidade mensal média de óleo residual disponível para ser submetido ao processo produtivo de biodiesel assim como a quantidade mínima requerida pelo processo para tornar o empreendimento rentável. Também foram registrados as respostas atreladas a aceitação social e consciência ambiental desse tipo de projeto energético e seus respectivos percentuais. Vale salientar também que será inserido na avaliação econômica do projeto o custo de transporte atrelado à coleta do óleo residual.

4.2 Seleção de parâmetros para obtenção de Biodiesel

A obtenção do biodiesel é conseguida através da conversão de triglicerídeos em adição de um álcool e catalizador, conforme visto na Figura 6, e as devidas proporções serão adotadas segundo trabalho publicado por Atapour *et al* (2014) e Domingos (2010), a saber: utilização de NaOH como catalizador por apresentar melhores rendimentos reacionais além de serem os mais utilizados em todo o mundo; temperatura de reação de 65°C; proporção molar de metanol para óleo de 9; concentração de NaOH de 0,73% da massa de óleo e tempo reacional de 45 minutos. Atapour *et al* (2014) ainda menciona que a razão molar de metanol para óleo foi o fator mais significativo para melhor rendimento reacional. Sob tais condições, foi conseguida eficiência média de 92,8%.

A primeira etapa consiste na formulação de metóxido, que seja, a mistura de metanol e NaOH. Essa etapa deve ser feita com bastante cuidado devido a elevada toxicidade do metanol (DIB, 2010; KRAUSE, 2008). Enquanto o metóxido é preparado, o óleo após passar por processo de remoção de impurezas sólidas, poderá ser aquecido em um outro reator onde irá receber o metóxido após atingir a temperatura ideal de reação, a saber: 65°C. Após um tempo de 45 minutos a reação de transesterificação estará completa. Segundo Lora & Venturini (2012), após a reação de transesterificação deve-se esperar 4 horas para que a mistura transesterificada decante, de forma que a glicerina fique totalmente retida na parte inferior e o biodiesel na parte superior.

Alguns ajustes podem ser requeridos antes de submeter o OAU ao processo de transesterificação haja vista que, sendo um subproduto do processo de cocção, o óleo residual pode apresentar certas características não desejáveis, sendo que, a mais influente na diminuição da produção de biodiesel é a acidez desse óleo. Quando ocorre o aumento de temperatura no processo de cocção, as ligações das moléculas dos ácidos graxos são quebradas, o que faz com

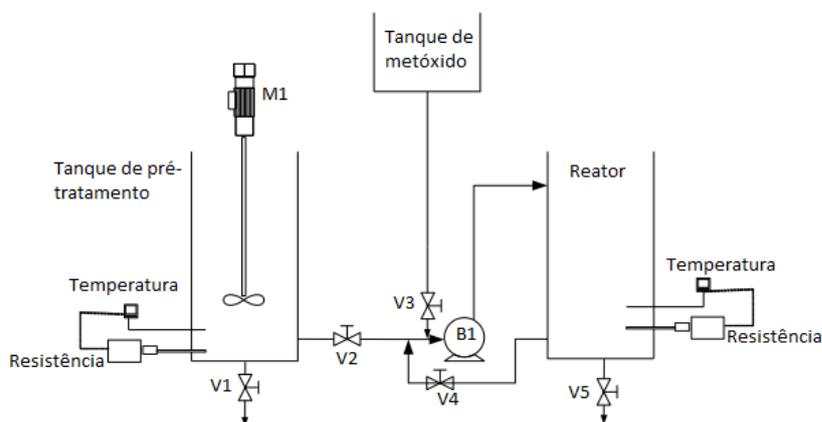
que tenhamos os Ácidos Graxos Livres (AGL), aumentando assim o índice de acidez desse óleo (ZANON, 2013).

Charoenchaitrakool e Thienmethangkoon (2011), afirma que, em casos de óleo que necessitem de um pré-tratamento que consiste em utilizar 0,68% em peso de H_2SO_4 no óleo residual acrescido de uma razão molar metanol/óleo de 6,1:1 e aquecer essa mistura a uma temperatura de 51°C durante 60 minutos.

Os óleos com teores de acidez acima de 3% (expresso em mg de KOH/g de amostra), apresenta dificuldade no processo de produção de biodiesel devido a formação de sabão (SILVA, 2008). Assim sendo, o processo de pré-tratamento elucidado por Charoenchaitrakool e Thienmethangkoon (2011) será aplicado em óleos cujos teores de acidez estejam superiores a 3%.

A figura 11 ilustra o esquema de funcionamento de uma mini usina para processamento de biodiesel de acordo com os procedimentos elucidados nesta seção:

Figura 11 – Diagrama esquemático de uma mini usina para produção de biodiesel via transesterificação a partir de óleos residuais



Fonte: (MAUTZ; GROSS, 2015)

Onde:

Tanque de pré-tratamento: Tanque utilizado para corrigir a acidez do óleo e filtra-lo;

Tanque de metóxido: Tanque utilizado para preparação de metóxido (NaOH + Metanol);

Reator: Utilizado para misturar o óleo tratado com o metóxido;

B1: Bomba de recirculação do reator;

M1: Motor responsável por agitar o óleo residual no tanque de pré-tratamento;

V1: Válvula para aquisição de amostra do óleo residual;

V2: Válvula para transferência do óleo residual para o reator;

V3: Válvula para transferência do metóxido para o reator;

V4: Válvula que promove a mistura através de bombeamento do óleo residual e metóxido;

V5: Válvula para drenagem do glicerol e biodiesel;

Resistências e Temperaturas: Medição e aquecimento (do óleo residual e da mistura óleo/metóxido).

4.3 Avaliação Econômica

Uma vez levantado a disponibilidade média de óleo residual no município de Maceió nos pontos estratégicos destacados nas Figuras 9 e 10, foi possível quantificar todos os insumos atrelados a produção do biodiesel, seja com pré-tratamento ou sem. No que se refere a aquisição de maquinários, a tabela 1 ilustra os componentes necessários para uma produção de 100L por batelada tomando como características operacionais a do esquema elucidado na Figura 11.

Ainda segundo Arditti (2017) da empresa Planeta Biodiesel, o custo para produção deste maquinário não deve ultrapassar os R\$ 25.000,00 segundo cotação repassada.

Após levantado o custo para aquisição do maquinário e de insumos químicos (que dependem da quantidade de óleo residual disponível), foi realizado a avaliação econômica através de alguns indicadores econômicos, como Payback Descontado, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Índice de Rentabilidade e Análise de Sensibilidade.

Tabela 1 – Equipamentos para transesterificação de óleo residual

Equipamento	Descrição
Filtro de óleo vegetal	Filtro para separação das impurezas na matéria-prima capacidade, 500 litros/hora, com elemento filtrante tipo BAG tecido em nylon capacidade filtragem -100 micras, com bomba de transferência, conexões válvulas.
Tanque de Metox	Tanque em polipropileno com capacidade de 500 litros/hora, com bomba de transferência
Reator de Transesterificação	TANQUE DE TRANSESTERIFICAÇÃO - tanque em POLIPROPILENO com aquecimento térmico e sistema de ESTADO-ROTOR, equipado de painel de controle, controlador termostato, resistência de aquecimento. Bombas capacidade de 1 CV com motor anti-explosão. Tubulação, conexões e válvulas em polipropileno, medidor de tanque de álcool e de óleo, controle temperatura digital e analógico
Painel Elétrico	Painel elétrico para comandos, acionamentos de motores, bombas, resistências, sistema de controle e segurança.

Fonte: (ARDITTI, 2017)

4.3.1 Payback Descontado – PBD

O método Payback consiste em mostrar em quanto tempo um investimento leva para ser ressarcido, porém a taxa de desconto é ignorada. Como isso não ocorre na realidade, optou-se por avaliar o Payback Descontado onde atua justamente nessa falha, pois considera essa taxa de juros para realizar o cálculo do período em questão (OLIVEIRA, 2008).

O Payback Descontado é obtido pela seguinte função:

$$\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \geq 0 \text{ e } \sum_{j=1}^{n-1} \frac{FC_j}{(1+i)^j} \leq 0 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

i é a taxa de desconto;

j é um índice genérico que representa os períodos $j=1$ até n ;

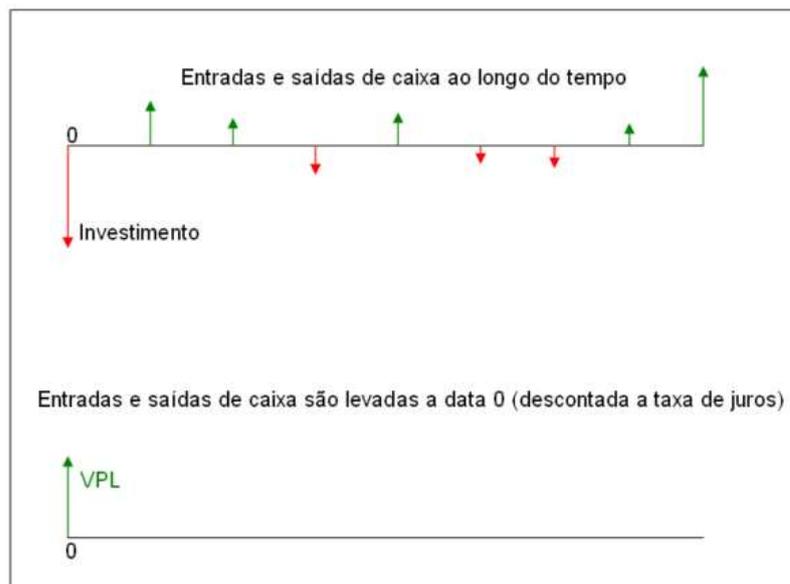
FC_j representa o valor de entrada (ou saída) de caixa até o instante n ;

O n encontrado deve mostrar o período em que ocorre a reversão de sinal dos fluxos de caixa líquidos descontados acumulados do projeto.

4.3.2 Valor Presente Líquido – VPL

O VPL, segundo Rodrigues (2004), Reflete a riqueza em valores monetários do investimento, medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa, frequentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo do capital (Figura 13).

Figura 13 - Esquema de VPL



Fonte: (OLIVEIRA, 2008)

O cálculo do VPL é descrita pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

i é a taxa de desconto;

j é um índice genérico que representa os períodos $j=1$ até n .

FC_j representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC_0 representa o fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial). Pode ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

n é o período de tempo;

Ainda há de se deixar claro que, deve-se aceitar o projeto apenas se o VPL for maior que zero. Se for igual temos uma situação de indiferença e, caso seja negativo, o projeto deve ser rejeitado.

4.3.3 Taxa Interna de Retorno – TIR

Corresponde a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido (VPL) de uma oportunidade de investimento a R\$ 0,00 porque o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial (RODRIGUES, 2014). Em outras palavras, seria a taxa que igualaria o fluxo de receitas com o de despesas. Matematicamente bastaria igualar a Eq. (2) a zero mantendo-se o mesmo significado para as variáveis desta equação.:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 = 0 \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

i é a taxa de desconto;

j é um índice genérico que representa os períodos $j=1$ até n .

FC_j representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC_0 representa o fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial). Pode ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

n é o período de tempo;

4.3.4 Índice de Rentabilidade – IR

O Índice de Rentabilidade é a razão entre o valor presente dos fluxos de caixas futuros posteriores ao investimento inicial e o montante do investimento inicial. Quanto maior esse índice mais atraente é o projeto (SARMENTO, 2010). Matematicamente, a expressão é descrita pela Eq. (3):

$$IR = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}}{FC_0} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

i é a taxa de desconto;

j é um índice genérico que representa os períodos $j=1$ até n .

FC_j representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC_0 representa o fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial). Pode ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

n é o período de tempo;

4.3.5 Análise de Sensibilidade – AS

Segundo Rodrigues (2004), a análise de sensibilidade tem como objetivo utilizar diversos fatores possíveis de uma variável para avaliar o seu impacto sobre o retorno de um ativo. Sarmiento (2010) complementa informando que a ideia básica ao se utilizar a técnica de análise de sensibilidade é a de verificar quão sensível é a variação do VPL a uma variação de um dos componentes do fluxo de caixa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após entrevistas realizadas em 10 hotéis e 20 restaurantes, que representam 19% e 12% respectivamente dos estabelecimentos comerciais registrados na Associação Brasileira de Bares e Restaurantes (ABRASEL) e na Associação Brasileira da Indústria de Hotéis (ABIH), e estando esses estabelecimentos localizados majoritariamente na região da orla marítima de Maceió, conforme ilustrado nas figuras 9 e 10, foi aplicado as perguntas elucidadas no tópico 4.1, as quais são citadas a seguir. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 2 e 3.

- 1) Qual a quantidade média de óleo de fritura descartado?
- 2) Qual o destino que você dá a esse óleo?
- 3) Você estaria disposto a entregar esse óleo para produção de biodiesel?
- 4) Você sabe como é prejudicial ao meio ambiente quando o óleo é descartado de maneira incorreta?

Observações Adicionais: Informe o que você sabe sobre o aproveitamento de óleo de fritura e se você enxerga com bons olhos o aproveitamento dele para produção de biodiesel.

Conforme pode-se observar na tabela 2, a média de disponibilidade mensal de óleo residual oriundo de hotéis em Maceió é de 116,3 L por hotel, sendo que apenas 80% desse montante será considerado como matéria-prima para produção de biodiesel, haja vista que 80% dos estabelecimentos concordariam em doar ou vender esse resíduo para produção do biocombustível, totalizando assim 93,04 L.

Tabela 2 – Frequências percentuais em relação ao óleo de fritura utilizados nos hotéis com maior representatividade no município de Maceió, AL

Pergunta	Resposta			
1	116,3 L/hotel			
2	Descarta em esgoto	Venda do descarte	pago para ser recolhido	Outros
	0%	50%	10%	40%
3	Sim-Doação	Sim-Venda	Não	
	10%	70%	20%	
4	Sim		Não	
	100%		0%	

Fonte: Autor (2018)

Já no que diz respeito a restaurantes (tabela 3), a média de óleo mensal por estabelecimento é de 192,35 L, sendo 75% utilizados para produção de biodiesel (sob forma de venda ou doação) totalizando 144,26 L.

Tabela 3 – Frequências percentuais em relação ao óleo de fritura utilizados nos restaurantes com maior representatividade no município de Maceió, AL

Pergunta	Resposta			
1	192,35 L/restaurante			
2	Descarta em esgoto	Venda do descarte	pago para ser recolhido	Outros
	0%	25%	0%	75%
3	Sim-Doação	Sim-Venda	Não	
	40%	35%	25%	
4	Sim		Não	
	100%		0%	

Fonte: Autor (2018)

Com relação ao questionamento final presente no campo “Observações Adicionais”, 56,65% de todos os 30 entrevistados não conheciam o possível aproveitamento do óleo residual para produção de biodiesel mas todos simpatizaram com essa possibilidade. Isso deve-se, provavelmente, pelo fato do estado de Alagoas não possuir ainda uma usina de produção de biodiesel de médio ou pequeno porte.

É possível notar também que, na tabela 2 e 3, 77,5% em média dos estabelecimentos entrevistados entregariam o óleo para produção de biodiesel enquanto que a parcela restante preferia contribuir para projetos tradicionais existentes, como fabricação de sabão e produtos de limpeza. Como a maior parte desses 77,5% entregariam sob a forma de venda, foi considerada apenas a entrega de óleo a um custo de R\$ 0,50 por litro (que foi a faixa de valor informado pelos entrevistados).

Levando em consideração que a Associação Brasileira de Bares e Restaurantes (ABRASEL) tem, atualmente, o registro de 165 bares e restaurantes localizados no município de Maceió e a Associação Brasileira da Indústria de Hotéis (ABIH) tem registrado 52 hotéis no mesmo município, pode-se concluir que em Maceió teria, por mês, 28.640,98 L de óleo residual oriundo de bares, restaurantes e hotéis associados, sem levar em consideração os restaurantes de pequeno porte não associados. Isso demonstra que o município de Maceió tem uma excelente disponibilidade mensal de óleo residual de fritura.

Além do mais, do ponto de vista ambiental, caso esse óleo fosse descartado em redes de esgotos, teria um potencial para poluir mais de 28 bilhões de litros de água, o que seria suficiente para manter mais de 28 mil pessoas por 14 anos, sem contar os danos que causariam em redes de esgotos e o encarecimento do processamento desse esgoto nas Estações de Tratamento de Efluentes (FREITAS; COELHO; MENEUCUCCI, 2011).

Para prosseguir com a avaliação econômica, faz-se necessário saber os custos fixos e variáveis para aplicação em uma unidade de processamento com capacidade para 100L correspondente a uma mini usina de transesterificação de óleo residual, contendo basicamente: filtro de óleo, tanque de metox, reator de transesterificação e painel de controle, conforme elucidado detalhadamente na tabela 1. Inicialmente foram levantados os custos com insumos onde podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4 – Preços de insumos a serem utilizados na produção de biodiesel oriundo de óleo residual

Produto	Valor	Fonte
Soda Cáustica	R\$ 2,904/kg	DANTAS (2016)
Metanol	R\$ 1,188/kg	DANTAS (2016)
Ácido Sulfúrico	R\$ 2,51/kg	ARESB (2018)
Energia Elétrica	R\$ 0,56616/kWh	ELETROBRAS (2018)

Com relação aos aspectos produtivos, pode-se observar nas tabelas 5 e 6 as quantidades de cada insumo assim como a quantidade de biodiesel e glicerol produzidos para óleos com a necessidade de pré-tratamento ácido e sem a necessidade de pré-tratamento. Vale resaltar também que o preço de venda do biodiesel e do glicerol foram obtidos via Biomercado a partir da consulta dos boletins mensais onde o preço do biodiesel foi obtido via média aritmética dos últimos quatro relatórios dos leilões (mês 08/2018, 06/2018, 04/2018 e 02/2018) sem levar em consideração a margem da Petrobrás (“Biomercado”, 2018). Vale resaltar também que a produção em ambos os cenários será a mesma.

Tabela 5 - Produção de biodiesel por batelada com óleo residual sem pré-tratamento ácido

Insumo				Produção			
Produto	Quant.(kg)	Preço/kg	Subtotal	Produto	Quant.(kg)	Preço/kg	Subtotal
Óleo	91,69	R\$ 0,50	R\$ 45,85	Biodiesel	85,088	R\$ 2,52	R\$ 214,42
NaOH	0,669	R\$ 2,91	R\$ 1,95	Glicerol	6,602	R\$ 1,60	R\$ 10,50
Metanol	29,991	R\$ 1,19	R\$ 35,63				
Energia	-	-	R\$ 3,25				

Tabela 6 - Produção de biodiesel por batelada com óleo com pré-tratamento ácido

Insumo				Produção			
Produto	Quant.(Kg)	Preço/Kg	Subtotal	Produto	Quant.(Kg)	Preço/Kg	Subtotal
Óleo	91,69	R\$ 0,50	R\$ 45,85	Biodiesel	85,088	R\$ 2,52	R\$ 214,42
NaOH	0,669	R\$ 2,91	R\$ 1,95	Glicerol	6,602	R\$ 1,60	R\$ 10,50
Metanol	50,318	R\$ 1,19	R\$ 59,78				
H2SO4	0,623	R\$ 2,51	R\$ 1,53				
Energia	-	-	R\$ 6,50				

Admitindo uma produção de duas bateladas por dia, haja vista que uma batelada tem no máximo 5 horas e 45 minutos das quais 4 horas são inativas do ponto de vista operacional, já que são destinadas a decantação da reação de transesterificação (CHAROENCHAITRAKOOL; THIENMETHANGKOON, 2011; DIB, 2010; LORA; VENTURINI, 2012), em um mês com 22 dias úteis o saldo (valor produzido descontado dos valores dos insumos) seria de R\$ 6.287,69 para condições de óleo sem a necessidade de pré-tratamento ácido e de R\$ 5.013,21 para condições de óleo com a necessidade de pré-tratamento ácido. Para efeito de avaliação econômica será levado em conta a pior situação de produção, que seja, com necessidade de pré-tratamento ácido. Vale resaltar que está sendo levado em consideração que o óleo residual será sempre adquirido sob a forma de compra dos estabelecimentos comerciais, o que nem sempre acontece, tendo em vista que alguns desses estabelecimentos encontram-se totalmente dispostos a doar e outros, ainda que minoritários, pagam para que possa ser feita a coleta do óleo residual. Isto favoreceria ainda mais um bom resultados da avaliação econômica desse empreendimento.

Alguns custos anuais e de implementação também serão levados em consideração, conforme pode-se observar na tabela 7.

Tabela 7 – Custo de implementação e custos anuais para construção de uma mini-usina de biodiesel de óleos residuais

Custos de Implantação		Custos anuais	
Tipo	Preço (R\$)	Tipo	Reço(R\$)
Maquinário	25.000,00	Manut. Anual	3.000,00
Local	80.000,00	Transporte	1.200,00
Utilidades	600,00	Impostos	3.543,34
		Salário	21.600,00

Nota: Os valores relativos à substituição tributária foram calculados com base em estudos elaborados pelo SEBRAE nos termos do art. 1º da Lei 12.741/2012 e art. 2º do decreto 8.264/2014

Tomando como referência os custos de produção, implementação e valor agregado dos produtos, a saber, biodiesel e glicerol, foi feita uma análise de fluxo de caixa a fim de estimar

a viabilidade econômica do projeto nos primeiros 5 anos de implementação. A tabela 8 mostra os resultados obtidos:

Tabela 8 – Análise de investimento para os 5 primeiros anos de operação da mini-usina de biodiesel com produção de 100L por batelada

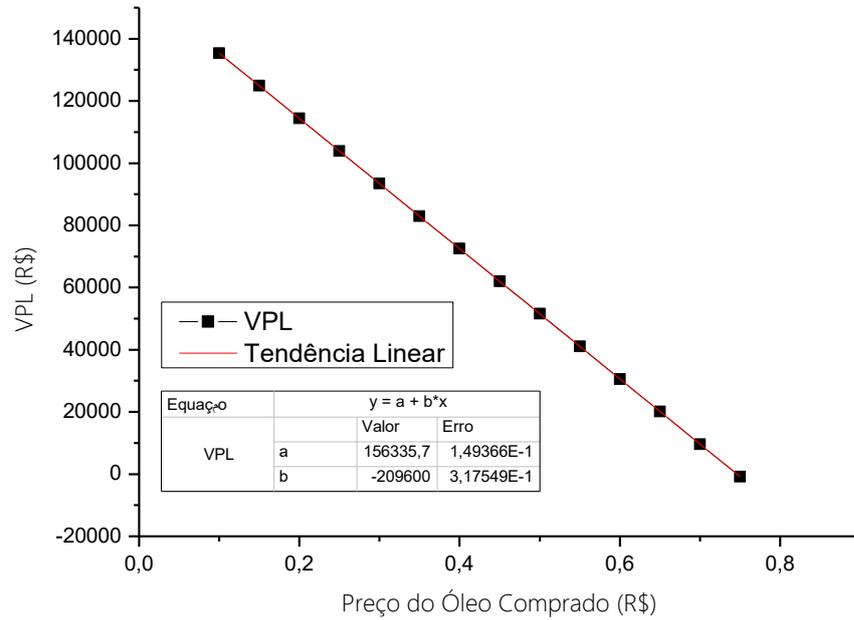
Ano	Fluxo de caixa	Saldo	Fluxo descontado	Saldo
0	-R\$ 105.600,00	-R\$ 105.600,00	-R\$ 105.600,00	-R\$ 105.600,00
1	R\$ 28.394,62	-R\$ 77.205,38	R\$ 27.042,49	-R\$ 78.557,51
2	R\$ 28.394,62	-R\$ 48.810,77	R\$ 25.754,75	-R\$ 52.802,75
3	R\$ 28.394,62	-R\$ 20.416,15	R\$ 24.528,34	-R\$ 28.274,41
4	R\$ 28.394,62	R\$ 7.978,47	R\$ 23.360,32	-R\$ 4.914,09
5	R\$ 28.394,62	R\$ 36.373,09	R\$ 22.247,93	R\$ 17.333,83

Assim sendo, conforme dados elucidados até aqui e utilizando uma taxa de desconto de 5%, o Valor Presente Líquido foi de R\$ 17.333,83 apontando para uma primeira viabilidade técnica do projeto devido o fato do valor ser positivo e consideravelmente elevado. Além do mais a Taxa Interna de Retorno foi de 10,75% , o Payback Descontado foi de 4,21 anos e o Índice de Rentabilidade foi de 1,16.

A Análise de Sensibilidade deste projeto foi feito com base na variação dos principais parâmetros do processo em função da variação do VPL. Para tal, variou-se quatro parâmetros: o preço do óleo recolhido, o preço do biodiesel vendido, a eficiência da reação e a quantidade de metanol utilizado, sendo comparado, cada um por vez, com a variação do VPL para o respectivo parâmetro.

Para tal, fez-se necessária a utilização do software OriginPro 8, onde foi possível a elaboração de gráficos com os pontos calculados em cada análise de sensibilidade. Além do mais, foi feita uma regressão linear no próprio software com o propósito de identificar com mais precisão os pontos críticos das análises de sensibilidade, que acontece sempre quando o VPL se iguala a zero. Os resultados dessa regressão são mostrados em cada um dos gráficos no quadro denominado “Equação”, onde pode-se observar os coeficientes angulares (b) e os coeficientes lineares (a) além do erro de cada coeficiente.

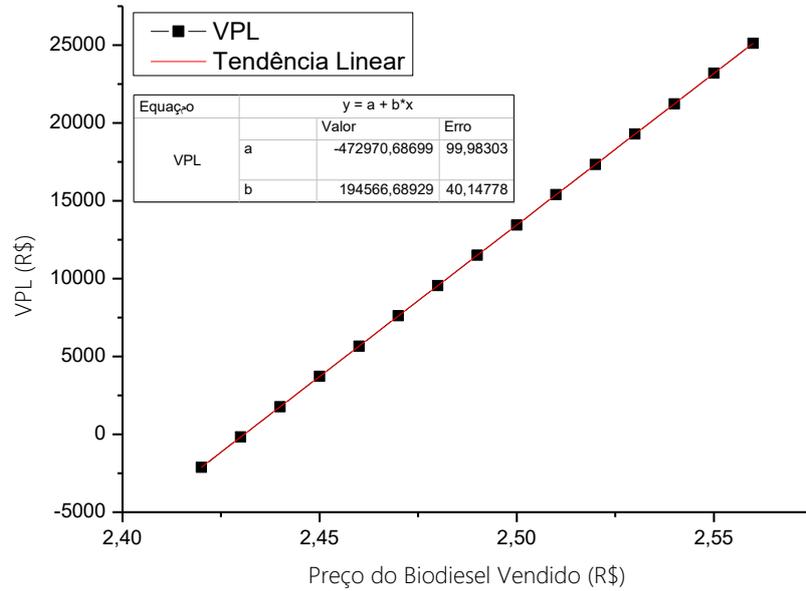
Figura 14 – Sensibilidade do preço do óleo



Fonte: Autor (2018)

Conforme mostra a figura 14, é possível inferir que o preço máximo do óleo a ser comprado para um VPL igual a zero é de aproximadamente R\$ 0,75. Como o preço médio de venda desse rejeito foi de aproximadamente R\$ 0,50 conforme estudo de campo realizado, isso indica que tem-se uma boa margem de capital de compra desse rejeito para datas futuras.

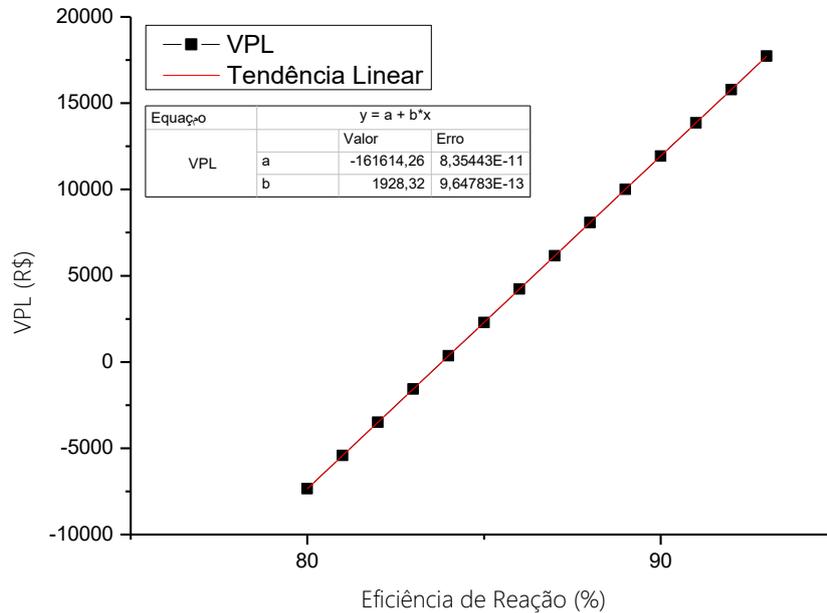
Figura 15 – Sensibilidade do preço do biodiesel



Fonte: Autor (2018)

Observa-se que o preço máximo do biodiesel a ser vendido para um VPL igual a zero é de aproximadamente R\$ 2,43 e o preço médio de venda desse biocombustível foi de aproximadamente R\$ 2,52 (Figura 15) conforme levantamento feito nos relatórios de leilões do mês 08/2018, 06/2018, 04/2018 e 02/2018 via Biomercado (2018), no entanto a diferença entre esses preços não é tão elevada, o que o torna um parâmetro sensível e merecedor de uma atenção constante.

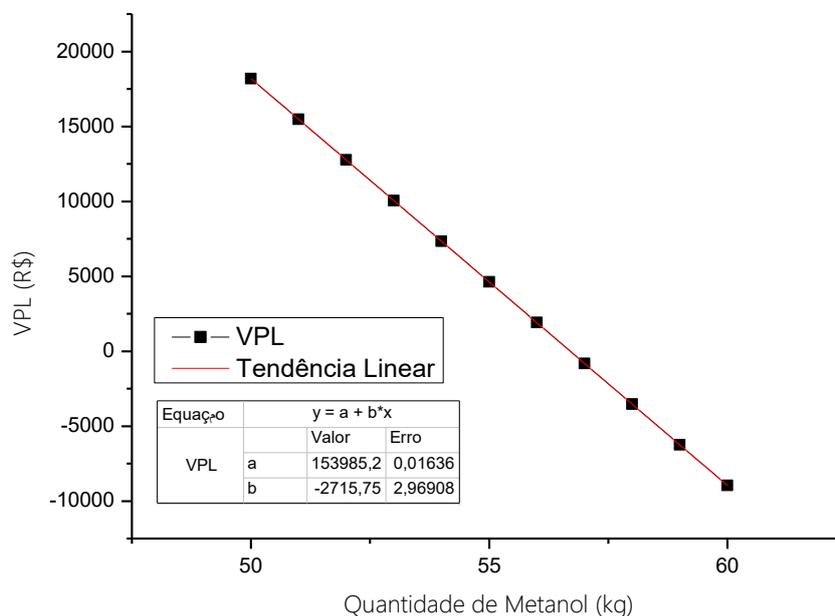
Figura 16 – Sensibilidade da eficiência da reação



Fonte: Autor (2018)

Analisada a sensibilidade da eficiência de reação, mostra que a eficiência mínima de reação para um VPL igual a zero é de aproximadamente 83,81% (Figura 16). No entanto, a eficiência de reação de transesterificação de óleos residuais segundo Atapour, Kariminia e Moslehabadi (2014) considerada neste trabalho foi de 92,8%. Nota-se portanto uma diferença de valores mediana mas que não é tão insensível quanto a mostrada na figura 14.

Figura 17 – Sensibilidade da quantidade de metanol



Fonte: Autor (2018)

A máxima quantidade de metanol para que o empreendimento torne-se rentável é de 56,7 kg. Já a máxima quantidade de metanol calculada para a aquisição de biodiesel estudada foi de 50,32 kg, supondo que o óleo necessite de pré-tratamento e 30 kg caso o óleo não venha a necessitar de pré-tratamento ácido. Nessas condições nota-se que um óleo que necessite de pré-tratamento ácido fica na iminência de ultrapassar a quantidade máxima de metanol que torne o empreendimento ainda rentável (Figura 17).

Com base nesses dados pode-se afirmar também que o preço de coleta do óleo residual e a eficiência de reação são os parâmetros menos sensíveis a variação do VPL, o que é um excelente sinal pois, ainda que os restaurantes ou hotéis subam o preço de coleta ou a qualidade do óleo recolhido seja inferior, o que reduziria a eficiência da reação, o projeto ainda continuará sendo viável, ainda que a longo prazo. Já no que diz respeito ao preço de venda do biodiesel e a quantidade de metanol utilizada no processo de transesterificação, observa-se que estes parâmetros são bem mais sensíveis, de forma que uma pequena alteração nesses valores pode tornar o projeto inviável.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir, mediante os estudos até aqui realizados, que o projeto de implantação de uma usina para produção de duas bateladas por dia (170 L de biodiesel) através da reação de transesterificação de óleos residuais no município de Maceió é totalmente viável do ponto de vista econômico e de disponibilidade deste resíduo líquido. O investimento inicial foi de R\$ 105.000,00 e o lucro anual obtido pelo investimento foi de R\$ 28.394,62. Todos os índices de avaliação econômica com base no investimento feito, a saber: PBD, VPL, TIR, IR tiveram resultados satisfatórios e convergentes para uma avaliação econômica bem sucedida e com resultados favoráveis a implementação do projeto no município de Maceió, a saber: 4,21 anos, R\$ 17.333,33, 10,75% e 1,16 respectivamente. Além do mais, a Análise de Sensibilidade (AS) para os parâmetros de valor do óleo comprado, valor do biodiesel vendido, eficiência de reação e quantidade de metanol utilizado foram todos satisfatórios.

É importante salientar que toda a avaliação econômica foi feita tomando como base o pior cenário possível, a saber: óleo residual obtido sempre por meio de compra nos estabelecimentos comerciais e utilização de pré-tratamento ácido, onde necessita de mais metanol na reação. Além do mais, foi levado em consideração a utilização de apenas uma unidade de processamento de 100L de óleo residual por batelada, de forma que se fossem inseridas outras unidades, provavelmente os dados seriam ainda mais atrativos. Assim, qualquer melhoria de qualquer variável do processo irá repercutir consideravelmente em uma melhoria dos parâmetros econômicos, aumentando assim a margem de lucro e tornando o projeto ainda mais atrativo.

No tocante a representatividade local deste projeto, conclui-se que é de extrema valia para o município de Maceió e até para o estado de Alagoas, tendo em vista que ainda não existe, em qualquer parte do estado, uma usina de médio porte totalmente sistêmica e automatizada de produção de biodiesel através do óleo residual, o que caracteriza uma certa exclusividade local e um nicho de negócio que porporcionaria a geração de emprego e diversificação da matriz energética, além de prezar pela manutenção da beleza natural característica do estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS

ANP. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

APOLINÁRIO, F. D. B.; PEREIRA, G. DE F.; FERREIRA, J. P. Biodiesel e Alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 2, n. 1, p. 141–146, 2012.

ARDITTI, S. **Info mini usina de biodiesel PB-100 litros / Prof Alex IFAL Alagoas [mensagem pessoal]**São Paulo, 2017.

ARESB. Disponível em: <<http://www.aresb.com.br/portal/economia-agosto-2018/>>.

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**, v. 92, n. 2, p. 179–185, 2014.

Biomercado. Disponível em: <<http://www.biomercado.com.br/>>.

BOTTEON, C. **Curso de Avaliação Socioeconômica de Projetos.** Brasília ILPES/CEPAL, , 2009. Disponível em: <<https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35920/introduccion-portugues.pdf>>

CHAROENCHAITRAKOOL, M.; THIENMETHANGKOON, J. Statistical optimization for biodiesel production from waste frying oil through two-step catalyzed process. **Fuel Processing Technology**, v. 92, n. 1, p. 112–118, 2011.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir Do Óleo Residual De Fritura.** Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006.

COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531–537, 2000.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 776–792, 2009.

DANTAS, A. et al. Análise Econômica da Produção de Biodiesel em Planta Piloto:

Experimental e Simulação. **Congresso Brasileiro de Química**, v. 56, n. 05, p. 1–9, 2016.

DANTAS, R. A. **Análise Técnica e Econômica da Produção de Biodiesel Utilizando Óleo de Fritura Residual em Unidade Piloto**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

DELATORRE, A. B. et al. Produção de biodiesel: considerações sobre as diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas de processos. **Perspectivas Online**, v. 1, n. 1, p. 21–47, 2011.

DIB, F. H. **Biodiesel E Proporções De Mistura Em Um Moto-Gerador**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2010.

DOMINGOS, A. K. **Produção De Biodiesel Via Catálise Heterogênea**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Eletrobras. , 2018. Disponível em: <<http://eletrobrasalagoas.com/index.php/sua-conta/tarifas/>>

ENCARNAÇÃO, A. P. G. **Geração de Biodiesel Pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

FELIZARDO, P. **Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Usados de Frituras**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2003.

FREITAS, N. S. DE; COELHO, R. M. P.; MENECUCCI, R. G. Coleta e reciclagem de óleo de fritura: Saiba Como Contribuir com o Meio Ambiente e Ainda Ganhar em Troca. **Recoleo**, p. 13, 2011.

GARCIA, C. **Transesterificação de óleos vegetais**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2006.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

GOOGLE MAPS. [Hotéis em Maceió].2018. Disponível em: <https://productforums.google.com/forum/#!topic/maps-pt/LWGFqHf_QWU>. Acesso em: 21/03/2018

GOOGLE MAPS. [Restaurantes em Maceió]. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/RESTAURANTES+em+maceió/@-9.6514786,->

35.7241374,14z/data=!3m1!4b1. Acesso em: 21/03/2018

KARMEE, S. K.; PATRIA, R. D.; LIN, C. S. K. Techno-economic evaluation of biodiesel production from waste cooking oil—a case study of Hong Kong. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 3, p. 4362–4371, 2015.

KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, J. **The Biodiesel Handbook**. Champaign: AOCS Publishing, 2005. v. 1

KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

Lamtec. Disponível em: <<http://www.lamtec-id.com/energias/biocombustiveis.php>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012.

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

MAUTZ, R.; GROSS, M. **Plant for the Production of Biodiesel**. Milão: [s.n.].

MONTE, E. F. DO et al. Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo; Estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape I, Paulista – PE. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 41–55, 2015.

OLIVEIRA, M. H. DA F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL fuzzy**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2008.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 39–51, 2017.

RAIMUNDO, A. A. et al. Desenvolvimento de uma Usina Piloto Móvel para Produção de Biodiesel. **Tékhnē e Lógos**, v. 1, n. 14, 2009.

RODRIGUES, K. F. DE C. **Sistematização e Análise da Avaliação Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Produtos e Serviços**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2014.

SABESP. **Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura da Sabesp**, [s.d.]. Disponível em:

<http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf>

SARMENTO, P. H. L. **Viabilidade econômica da produção de biodiesel na região sudeste do Mato Grosso**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2010.

SERRÃO, C. T. et al. Levantamento do Destino Dado ao Óleo de Fritura Utilizado por Vendedores Ambulantes no Centro Comercial de São Luís/MA. **Revista do CEDS**, v. 1, n. 4, p. 1–11, 2016.

SILVA, P. R. F. DA; FREITAS, T. F. S. DE. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 843–851, 2008.

SILVA, L. D. E. L. **Estudo de óleos Residuais Oriundos de Processo de Fritura e Qualificação desses para Obtenção de Monoésteres (Biodiesel)**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2008.

SILVA, T. A. R. DA. **Biodiesel De Óleo Residual : Produção através da transesterificação por metanolise e etanolise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

STATES, U. Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions: Draft Technical Report. **Environmental Protection Agency**, p. 118, 2002.

ZANON, E. **Estudo de Agentes Adsorventes para a Redução do Índice de Acidez de Óleo Residual para a Produção de Biodiesel**. Palotina: Universidade Federal do Paraná, 2013.

ANEXO A – Formulário de pesquisa aplicado em redes hoteleiras e restaurantes de Maceió – AL.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA BIOMASSA	
---	--	---

FORMULÁRIO DE PESQUISA

Este questionário tem como objetivo estimar a quantidade média de óleos residuais nos estabelecimentos comerciais assim como conhecer se os proprietários destes estabelecimentos estariam disposto a contribuir com a reciclagem do óleo e sua transformação em biodiesel.

PERGUNTA	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
01	Qual a quantidade média de óleo de fritura descartado?	Diário Semanal Mensal

PERGUNTA	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
02	Qual o destino final que você dá a esse óleo?	Descarte em esgoto: Descarte em local apropriado Se sim, qual: Venda do descarte: Pago para ser recolhido: Outros:

PERGUNTA	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
03	Você estaria disposto a entregar esse óleo para produção de Biodiesel	Sim: Doação Venda Não:

PERGUNTA	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
04	Você sabe como é prejudicial ao meio ambiente quando o óleo é descartado de maneira incorreta?	

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS- INFORME AQUI O QUE VOCÊ SABE SOBRE O APROVEITAMENTO DOS ÓLEOS DE FRIATURAS E SE VOCÊ ENFERMA COM BONS OLHOS O APROVEITAMENTO DELE PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.

--