

GABRIEL MATSUDA

**EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE BIODIESEL
A PARTIR DO ÓLEO DA SEMENTE DA PLANTA AMAZÔNICA
*Pachira aquática Aublet.***

CASCAVEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2020

GABRIEL MATSUDA

**EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE BIODIESEL A
PARTIR DO ÓLEO DA SEMENTE DA PLANTA AMAZÔNICA *Pachira
aquática Aublet.***

Dissertação apresentada na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

COORIENTADOR: Dr. Reinaldo Aparecido Baricatti

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Matsuda, Gabriel
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DA SEMENTE DA PLANTA AMAZÔNICA Pachira aquática Aublet / Gabriel Matsuda; orientador(a), Samuel Nelson Melegari de Souza; coorientador(a), Reinaldo Aparecido Baricatti, 2020.
60 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2020.

1. Munguba. 2. Biodiesel. 3. Análises físico-químicas. I. Souza, Samuel Nelson Melegari de. II. Baricatti, Reinaldo Aparecido. III. Título.

GABRIEL MATSUDA

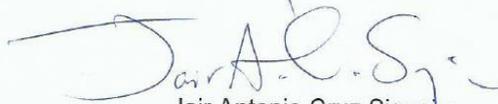
Extração, caracterização e produção de biodiesel a partir do óleo da semente da planta amazônica *Pachira aquática Aublet*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biocombustíveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Samuel Nelson Melegari de Souza

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Jair Antonio Cruz Siqueira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Danielle Acco Cadorin

Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu (FAESI)

Cascavel, 17 de março de 2020

*Com carinho dedico este trabalho a minha
família e aos amigos mais próximos.*

*Eu quero ser melhor do que eu nunca fui
Fazer o que eu posso pra me ajudar
Ser justo e paciente como era Jesus
Eu quero dar valor até o calor do sol
Que eu esteja preparado pra quem me conduz,
que eu seja todo dia como um girassol de
costas pro escuro e de frente pra luz*

(Priscila Alcântara)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

A minha família, pois sem o apoio de cada um, eu não seria a pessoa que eu sou, ao meu pai Jorge Massaiuki Matsuda e a minha mãe Maria Janete Matsuda.

Ao meu orientador Professor Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza e ao meu coorientador Professor Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti pela orientação nesse trabalho e por todos os ensinamentos dentro e fora da sala de aula.

Agradeço a Professora Dr. Carmen Luisa Barbosa Guedes, professora da Universidade Estadual de Londrina, por toda a ajuda e suporte.

Agradeço a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura pelo ensino de qualidade e amparo para todas as realizações da pesquisa.

A Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu – FAESI, pelo espaço dado para realização de parte da pesquisa, e em especial as professoras Dr. Danielle Acco Cadorin e Dr. Graciela Maiara Dalastra por toda a ajuda.

A todos os professores da UNIOESTE que fizeram parte desses anos de aprendizado.

Ao Professor Dr. Alex Torquato e a Professora Dr. Michelle Budke pela ajuda e oportunidade de realizar uma parte da pesquisa no Campus da UTFPR Medianeira.

Agradeço especialmente a minha querida amiga Gabriela Bonassa, que esteve comigo todos os esses anos, me dando suporte, incentivando e tendo paciência. Muito Obrigado.

Agradeço a todos meus amigos, aqui representados pelos mais próximos e que sempre estiveram ao meu lado desde o início, Jessica Maiara de Brito, Amanda Sangaletti, Amanda Presa e Victor Ramani, obrigado por todo apoio incentivo e paciência.

Agradeço a todos os meus amigos pela fé, Cristiane Maria Walter, Juliana Schneider, Silvane Regina Hanauer, Paulo Sérgio Batista, Natalia Magagnin, Cintia Groth, Nike Lucas, Fernanda Peron pelos momentos mais especiais, obrigado pela amizade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura geral de um triacilglicerídeo.....	4
Figura 2 – Reação de transesterificação.....	5
Figura 3 – Reação de Esterificação.....	6
Figura 4 - Distribuição geográfica.....	10
Figura 5 - Árvore <i>Pachira Aquatica</i> Aublet.....	11
Figura 6 - Sementes do fruto da Munguba.....	12
Figura 7 - Determinador de Gordura TECNAL.....	13
Figura 8 - Extrator de Gordura MARCONI.....	15
Figura 9 - Cromatógrafo a gás.....	16
Figura 10 - Aparelho Karl Fisher.....	19
Figura 11 - Aparelho Vortex.....	21
Figura 12 - Viscosímetro.....	22
Figura 13 - Picnômetro.....	23
Figura 14 - Picos da cromatografia feito para o óleo de munguba.....	30
Figura 15 - Temperatura x H ₂ SO ₄	31
Figura 16 - Produção de ésteres metílicos a 30°C.....	32
Figura 17 - Produção de ésteres metílicos a 60°C.....	32
Figura 18 - Produção de ésteres metílicos a 90°C.....	33
Figura 19 - mL produzidos com 0,4 ml de H ₂ SO ₄	34
Figura 20 - mL produzidos com 0,6 mL de H ₂ SO ₄	34
Figura 21 - mL produzidos com 0,8 mL de H ₂ SO ₄	35
Figura 22 - Tabela ANOVA.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores permitidos para o biodiesel.....	7
Tabela 2 – Ácido Graxos da munguba	12
Tabela 3 – Tubos de ensaios	20
Tabela 4 – Características a serem analisadas.....	21
Tabela 5 – Índice de Saponificação	24
Tabela 6 – Índice de Peróxido.....	25
Tabela 7 – Índice de Acidez	26
Tabela 8 – Índice de refração.....	27
Tabela 9 – Teor de lipídeos por Tecnal.....	28
Tabela 10 – Teor de lipídeos Marconi	28
Tabela 11 – Identificação de componentes presentes no óleo de munguba....	29
Tabela 12 – ml de Ésteres Metílicos	31
Tabela 13 – Taxa de conversão	36
Tabela 14 – Viscosidade Cinemática a 40°C	37
Tabela 15 – Massa específica a 20°C	38
Tabela 16 – Ésteres metílicos encontrado no CG do Biodiesel de Munguba...	38
Tabela 17 – Principais Ésteres Metílicos.....	28

MATSUDA, Gabriel. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2020.
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DA SEMENTE DA PLANTA AMAZÔNICA *Pachira aquática Aublet*.
Professor Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza, Professor Dr. Reinaldo Aparecido Baricatti

RESUMO

Os óleos e as gorduras são substâncias hidrofóbicas que podem ser originários de plantas ou de animais, formados por ésteres de triacilgliceróis, que são produtos provenientes da transesterificação. Eles se apresentam em um estado líquido e viscoso quando utilizados em ambientes de temperaturas e pressões normais. Seu processo de extração ocorre geralmente através de prensagem ou através de extração por solvente. Os óleos vegetais mais conhecidos e utilizados são os óleos de soja, algodão, dendê e de milho. A *Pachira Aquatica* Aublet ou munguba, castanheira-do-maranhão como é conhecida, é uma árvore utilizada para arborização de ambientes e que possui uma semente comestível muito usada pela população amazônica. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi realizar a extração e caracterização do óleo e a verificação da viabilidade da produção de ésteres metílicos do óleo de munguba. Para tanto, o óleo foi extraído por dois sistemas diferentes, o Determinador de Gordura Tecnal e pelo Extrator de Gordura Marconi e após essa etapa o óleo passou a ser analisado quanto suas características. As análises feitas para a caracterização foram quanto ao índice de saponificação ($180,95 \text{ mg. KOH g}^{-1}$), índice de peróxidos ($0,994 \text{ meq.Kg}^{-1}$), índice de acidez ($3,283 \text{ mg KOH}^{-1}$), índice de refração (1,4656) e o Teor de água (2,1 %), além de ter considerado o óleo como saturado, fazendo assim, com que as moléculas tenham uma capacidade maior de ligação entre elas e em temperaturas amenas, se solidificando e se tornando uma gordura. Após a análise físico-química do óleo ocorreu o processo de produção de biodiesel, utilizando metanol, clorofórmio e ácido sulfúrico, posteriormente a caracterização de alguns parâmetros do biodiesel, a viscosidade cinemática a 40°C ($7,44 \text{ mm}^2/\text{s}$), o teor de água (192), massa específica a 20°C ($901,9 \text{ Kg/m}^3$) e os ésteres produzidos, Palmitato de Metila (64,1%), Estereato de Metila (3,9%), Oleato de Metila (12,2%), e Linoleato de Metila (8,3%). Os resultados apontaram que o sistema de extração pelo extrator da marca Tecnal, foi mais eficiente que o outro, tendo um teor de lipídios de 43,14%, e no final o teor de lipídios encontrado na munguba foi de 42,19%. Com relação ao biodiesel, o processo que ocorreu a uma temperatura de 60°C e utilizando uma quantidade de 0,6 ml de ácido sulfúrico teve um rendimento de 89,44%. Os resultados encontrados nas análises físico-químicas mostraram que o óleo além de ser usado nas indústrias alimentícias ele pode ser utilizado para produção de biocombustíveis. Se a munguba for utilizada para a produção de biodiesel em lugares onde existem temperaturas amenas, como no sul do Brasil, ele deve ser utilizada junto com um aditivo.

PALAVRAS-CHAVE: Munguba; Biodiesel; Análises físico-químicas.

MATSUDA, Gabriel. State University of Western Paraná, February 2020. **EXTRACTION, CHARACTERIZATION AND PRODUCTION OF BIODIESEL FROM THE SEED OIL OF THE AMAZONIC PLANT *Pachira aquatica Aublet***. Professor Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza, Professor Dr. Reinaldo Aparecido Baricatti.

ABSTRACT

Oils and fats are hydrophobic substances that can originate from plants or animals, formed by esters of triacylglycerols, which are products from transesterification. They are presented in a liquid and viscous state when used in environments of normal temperatures and pressures. Its extraction process usually occurs through pressing or solvent extraction. The most well-known and used vegetable oils are soy, cotton, palm oil and corn oils. *Pachira Aquatica Aublet* or munguba, chestnut-of-maranhão as it is known, is a tree used for afforestation of environments and has an edible seed widely used by the Amazonian population. In this sense, the objective of this work was to carry out the extraction and characterization of the oil and to verify the viability of the production of methyl esters from munguba oil. For that, the oil was extracted by two different systems, the Tecnal Fat Determinator and by the Marconi Fat Extractor and after that stage the oil started to be analyzed for its characteristics. The analyzes made for the characterization were regarding the saponification index ($180.95 \text{ mg. KOH g}^{-1}$), peroxide index ($0.994 \text{ meq.Kg}^{-1}$), acidity index (3.283 mg KOH / g), refraction index (1.4656) and the water content (2.1%), besides having considered the oil as saturated doing so, with the molecules have a greater capacity of connection between them and in mild temperatures, solidifying and becoming a fat. After the physical-chemical analysis of the oil, the biodiesel production process took place, using methanol, chloroform and sulfuric acid, afterwards the characterization of some biodiesel parameters, the kinematic viscosity at 40°C ($7.44 \text{ mm}^2 / \text{s}$), the content of water (192), specific mass at 20°C (901.9 Kg / m^3) and the esters produced, Methyl Palmitate (64.1%), Methyl Stearate (3.9%), Methyl Oleate (12.2%), and Methyl Linoleate (8.3%). The results showed that the extraction system by the Tecnal brand extractor was more efficient than the other, with a lipid content of 43.14%, and in the end the lipid content found in the munguba was 42.19%. With regard to biodiesel, the process that took place at a temperature of 60°C and using an amount of 0.6 ml of sulfuric acid had a yield of 89.44%. The results found in the physical-chemical analyzes show that the oil, besides being used in the food industries, can be used for the production of biofuels. If there is a munguba to use for the production of biodiesel in places where there are temperatures, as in Brazil, it must be used together with an additive.

KEY WORDS: Munguba; Biodiesel; Physicochemical analysis.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ÓLEOS E GORDURAS	3
2.2 BIODIESEL	4
2.2.1 Biodiesel no Brasil	6
2.3 UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS VEGETAIS COMO FONTE ENERGÉTICA	9
2.4 PACHIRA AQUÁTICA AUBLET (MUNGUBA).....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 PREPARAÇÃO DAS SEMENTES.....	13
3.2 EXTRAÇÃO PELO DETERMINADOR DE GORDURA TECNAL TE-044 ..	13
3.3 EXTRAÇÃO PELO EXTRATOR DE GORDURA E GRAXAS MA 491-MARCONI	14
3.4 TEOR DE LIPÍDEOS DAS AMOSTRAS.....	15
3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS	15
3.5.1 Perfil dos Ácidos Graxos	16
3.5.2 Índice de Acidez	16
3.5.3 Índice de Saponificação	17
3.5.4 Índice de Peróxido.....	18
3.5.6 Teor de água	19
3.5.7 índice de Refração	19
3.6 PRODUÇÃO DOS ÉSTERES	20
3.6.1 Obtenção do biodiesel.....	20
3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÉSTERES METÁLICOS	21
3.7.1 Viscosidade Cinemática a 40°C	22
3.7.2 Massa específica a 20°C	22
3.7.3 Teor de Ester.....	23
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS	24
4.1.1 Propriedades físico químicas do óleo de munguba	24
4.1.1.1. Índice de Saponificação	24

4.1.1.2. Índice de Peróxido.....	25
4.1.1.3. Índice de Acidez	26
4.1.1.4. Índice de Refração	27
4.1.1.5. Teor de Água.....	27
4.1.2 Teor de Lipídeos.....	28
4.1.3 Perfil dos Ácidos Graxos	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL	30
4.2.1 Produção de Ésteres	30
4.2.2 Viscosidade Cinemática a 40°C	36
4.2.3 Teor de água	37
4.2.4 Massa específica a 20°C	37
4.2.5 Teor de Ésteres	38
5. CONCLUSÕES	39
6. REFÊRENCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Com as crises do petróleo no mundo, foi necessário buscar fontes de energias novas. Assim, o óleo vegetal tornou-se uma das opções mais utilizadas, sendo reconhecido principalmente na Europa. Na União Europeia os óleos vegetais estão sendo utilizados para a produção do biodiesel desde 2003 em ônibus, picapes, tratores, carros de passeios entre outros (GUERRA; FUCHS, 2010).

Com isso pesquisadores tem se dedicado a produção de estudos que tenham como o objetivo o aproveitamento de fontes renováveis, para que possam atender a grande demanda energética, minimizando a emissão de gases que podem afetar o efeito estufa (CORREIA, 2019; GOLDEMBERG, 2016).

O biodiesel é um bicomcombustível de fonte renovável que é utilizado em motores à combustão, que contribui para a redução da temperatura global do planeta e da saúde da população. É totalmente miscível com o óleo diesel, sendo que sua utilização aumenta a lubricidade do combustível, melhorando o desempenho do motor, já que ele é biodegradável e não tóxico (ENCARNAÇÃO, 2007).

Para a produção do biodiesel é necessário que ocorra o processo de transesterificação, já que é notável que muitos óleos e gorduras não apresentem uma composição adequada e para que se permita a produção do biodiesel (DABDOUB; BRONZEL, 2009). A soja, dendê, mamona e o girassol, são as principais fontes de produção (MENDES;YADA, 2018)

Nessa procura de novas fontes de matérias-primas para a produção existe a Munguba (*Pachira Aquatica Auble.*) uma fonte pouco estudada no qual esta espécie possui grande quantidade de óleo em suas castanhas, sendo uma ótima opção para produção de biodiesel.

A Munguba, por muitos conhecida como mamorana, embiratanha, pertence à família Malvaceae, antiga Bombacaceae, proveniente de toda região Amazônica até o Maranhão, sempre vista em terrenos úmidos e inundáveis. Suas sementes são comestíveis e consumidas pelas populações amazônicas, além das mesmas serem de curta viabilidade em armazenamento (20 - 30 dias) (LORENZI, 2014).

Considerando procurar fontes alternativas de combustíveis renováveis, este trabalho propõe a extração, caracterização físico química e produção a partir do óleo da semente de munguba.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Obtenção de ésteres metílicos através de um processo químico, obtido a partir das sementes de *Pachira aquática* (Munguba), comparando a temperatura a concentração de ácido sulfúrico do processo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar o óleo de Munguba por dois diferentes sistemas de extração;
- Caracterização físico-química do óleo de munguba;
- Realização da reação química para obtenção dos ésteres metílicos a partir a matéria prima;
- Caracterizar os ésteres metílicos da Munguba físico-quimicamente;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓLEOS E GORDURAS

Os óleos e as gorduras, puros ou mesmo modificados pelas reações químicas, são utilizados pela população há séculos como insumos para várias áreas, como em tintas, sabões, alimentos, iluminação e em combustíveis. No século XX, devido a economia da época, os materiais graxos perderam espaço para os derivados de petróleo e só foram utilizados novamente ao longo da década de 1990, quando começou a haver uma preocupação em diminuir a dependência energética do petróleo e com os danos causados ao meio ambiente, assim buscando novas matérias primas (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

A semelhança das propriedades do biodiesel de óleos e gorduras com o petróleo, faz com que ocorra uma viabilidade de usá-los como combustíveis. Uma das principais características que faz com que ocorra essa compatibilidade é o número de cetanos, mas outras propriedades também mostram a qualidade de óleos e gorduras, como o calor de combustão, o ponto de fluidez, a viscosidade cinemática e a estabilidade oxidativa (KNOTHE et al., 2005).

O óleo vegetal é considerado um dos principais produtos extraídos de plantas, onde 2/3 de todo esse óleo é usado em produtos alimentícios. Eles são substâncias insolúveis em água, formados predominantemente por ésteres de triacilgliceróis, produto originário da esterificação entre o glicerol e ácidos graxos (FIB, 2014).

Segundo a Anvisa (2005) a principal diferença entre os óleos vegetais e as gorduras vegetais, é que a primeira respectivamente apresenta-se na forma líquida já a outra se apresenta na forma sólida ou pastosa, ambas em uma temperatura de 25°C.

Essa diferença entre os óleos e as gorduras a partir da temperatura de fusão é graças aos ácidos graxos. Esses ácidos graxos possuem cadeia carbônica grande e representam mais de 90% do peso molecular dos triacilglicerídeos, conforme a figura 1, se diferenciam entre si graças a sua quantidade de carbonos, do número de insaturações e da configuração cis ou trans das cadeias hidrocarbônicas, proporcionando diferenças entre as interações. As cadeias hidrocarbônicas saturadas possuem uma estrutura

retilínea melhorando a interação intermolecular e aumentando os pontos de fusão (OLIVEIRA, 2018).

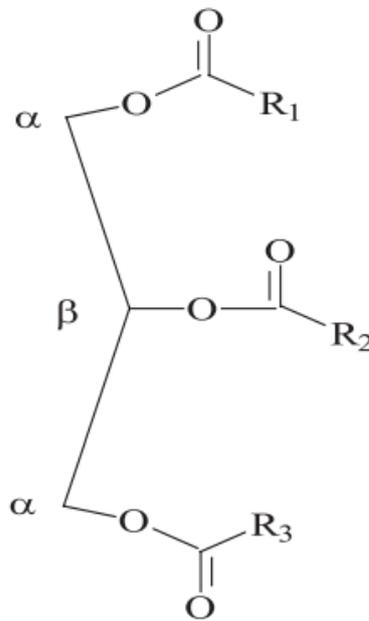


Figura 1 - Estrutura geral de um triacilglicerídeo.

Fonte: Reda; Carneiro (2007)

2.2 BIODIESEL

O Biodiesel tem por definição um combustível composto de mono-álquil-ésteres de ácidos graxos de que possuem cadeias longas, provenientes de fontes renováveis como óleos vegetais e gorduras animais obtidos a partir da reação de transesterificação junto de um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador, produzindo como um resíduo a água de lavagem e ainda glicerina como um coproduto (NOVI, 2017; GOMES, 2010). As propriedades do biodiesel que é produzido depende das características da matéria-prima utilizada e também do álcool utilizado na reação (CARARETO et al.,2012)

Quando se diz a respeito ao valor da produção do biodiesel, o investimento pode variar dependendo dos tipos dos fatores, a tecnologia a ser utilizada, o tipo e o custo da matéria-prima, custo do serviço e outras despesas em geral (GEBREMARIAM; MARCHETTI,2018).

O óleo vegetal e as gorduras de animais que são utilizados para a produção do biodiesel não podem ser usufruídos como combustível, pois

possuem alta viscosidade e baixa volatilidade. Por isso para obtenção do biodiesel é necessário que essas matérias-primas passem por processos químicos, com a finalidade de eliminar as características indesejadas (LIMA FILHO et al.,2017).

O principal método para a produção do biodiesel é a transesterificação, (figura 2). É necessário que a matéria-prima utilizada esteja isenta de contaminantes já que podem gerar produtos saponificáveis, fazendo com que ocorra uma realização de etapas de pré-tratamento para que ocorra a remoção principalmente da acidez (ECARNAÇÃO,2008).

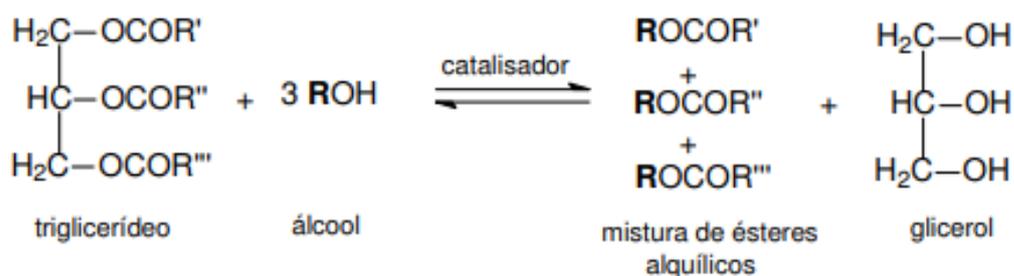


Figura 2 – Reação de transesterificação.
Fonte: RODELLI (2016)

Nessa reação de transesterificação, um triacilglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador, que pode ser base ou ácido, produzindo assim uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol. Para que essa reação aconteça é necessário uma proporção molar de 3:1 de álcool por triacilglicerídeo. Quanto ao álcool utilizado na reação, é importante que ele esteja em excesso, para que ocorra o deslocamento da reação para a formação dos produtos (biodiesel e o glicerol) (VIEIRA et al., 2018).

Além da transesterificação, a esterificação, conforme a figura 3, é uma das alternativas para produção do biodiesel, quando os ácidos graxos livres são acima de 0,5% e a água é maior que 2% dentro da matéria prima utilizada. Nesses casos, é utilizado a esterificação seguida de uma transesterificação para produzir o biodiesel desejado. Se esse procedimento não ocorrer, acarretará na produção da saponificação (VIEIRA et al., 2018).

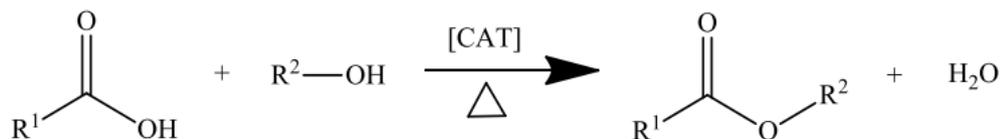


Figura 3 – Reação de Esterificação.

Fonte: IHA(2015).

2.2.1 Biodiesel no Brasil

Com o passar dos anos o Brasil tem emitido um papel importante em termos de produção de biodiesel. Do ponto de vista do meio ambiente e do meio social, as autoridades nacionais afirmam que este combustível seria uma alternativa ao diesel fóssil, graças ao seu desempenho (NOGUEIRA,2018).

A trajetória do biodiesel no Brasil começou com iniciativas de estudos realizados por volta de 1920 no Instituto Nacional de Tecnologia, porém só passou a ter um destaque maior na sociedade em meados de 1970, quando foi criado o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (SEBRAE, 2007).

Desde 2006 segundo Kohlhepp (2010), o Brasil é autossuficiente quando se diz respeito a abastecimento de petróleo, significando assim, que a nova fase para ampliação da produção de biocombustíveis é graças a discussão sobre a mudança do clima e as tentativas do aumento de produções de energias renováveis para que ocorra a diminuição da emissão de CO₂.

O Brasil incentiva a produção do biodiesel em grande escala, defendendo a tese de que essa alternativa é mais viável economicamente para a substituição dos combustíveis fósseis, fazendo com que ocorra a diminuição de problemas ambientais (SUAREZ et al., 2009).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP), a produção de biodiesel no Brasil, em outubro de 2016 foi de cerca de 351 mil m³, e em todo o ano de 2016 foram mais de 3.194 mil m³. Ainda em 2016, foram 48 unidades aptas a operar comercialmente o biodiesel, com uma capacidade média de 152 mil m³/ano.

O Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel (PNPB), é um programa criado em 2004 para viabilizar a produção e o uso de biodiesel no país, dando enfoque a competitividade, na qualidade do biocombustível produzido, garantindo segurança de seu suprimento, nas diversas matérias-primas usadas, no fortalecimento das potencialidades de cada região brasileira e dando prioridade na inclusão social de agricultores familiares (CASTANHEIRA et al.,2013).

No ano de 2005, com a Lei 11.097 o governo deu início a inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira.

A regulamentação da ANP nº14 de 11 de maio de 2012, padroniza as análises que devem ser realizadas em geral, para a garantia da qualidade do biodiesel nacional, conforme as normas da ABNT, ASTM ou EN/ISSO (ANP, 2012). Os valores permitidos são específicos conforme cada país, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Valores permitidos para a produção do biodiesel

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTM D	EM/ISSO
Aspecto	-	LII(1) (2)	-	-	-
Massa específica a 20°C	Kg/m ³	850 900	7148 14065	1298 4052	EM ISSO 3675 EM ISSO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3 a 6	10441	445	EM ISSO 3104
Teor de água, máx	mg/kg	200	-	6304	EM 12937
Contaminação Total, máx.(13)	mg/kg	24	15995	-	EN12662(5)
Ponto de fulgor, mín. (4)	°C	100	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15764	-	EN 14103 (5)
Cinzas sulfatadas, máx. (6)	% massa	0,02	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre Total, máx.	mg/kg	10	15867	5453	EM ISSO 20846

					EM ISO20884
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EM 14538 (5)
Fósforo, máx. (7)	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107 (5) EN 16294 (5)
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx. (6)	-	1	1553	4951	EN ISO 2160
Número Cetano (6)	-	Anotar	-	613	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	-9	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,5	14448	664	EN 14104 (5)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15771 15908	6584(5)	EN 14105 (5) EN 14106 (5)
Glicerol total, máx. (10)	% massa	0,25	15344 15908	6584(5)	EM 14105(5)
Monoacilglicerol I, máx.	% massa	0,7	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,2	15343	-	EN 14110 (5)
Índice de lodo	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111 (5)
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín. (11)	H	6 (12)	-	-	EN 14112 (5) EN 15751 (5)

Fonte: Agência Nacional do Petróleo

A partir de 2015 foi estabelecido o Selo Combustível Social, através da Portaria Nº337, que é a identificação dada pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios estabelecidos pelo PNPB (VARÃO et al. ,2017).

As principais vantagens dos produtores que possuem o Selo Combustível Social é a diferenciação ou isenção do PIS/PASEP e COFINS, garantia na participação de 80% do biodiesel negociado nos leilões públicos da

ANP, melhores condições de financiamento junto aos bancos e ainda possibilidade do uso do Selo Combustível Social para promover sua imagem no mercado (BRASIL, 2010).

Com a criação da Lei 11.097/2005, definiu que deveria existir um percentual mínimo obrigatório de 5% de adição de biodiesel (B5) ao diesel, entre um prazo de 8 anos para sua implantação e ainda, definindo o uso de uma mistura intermediária de 2% de biodiesel (B2) para os seguintes três anos. Em 2016 uma nova lei, a Lei 13.263, determinou um cronograma para o aumento do teor de biodiesel para os anos de 2017. (DELGADO et al.,2017).

2.3 UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS VEGETAIS COMO FONTE ENERGÉTICA

Os óleos vegetais são umas das principais fontes de matéria-prima para a produção do biodiesel. O principal óleo vegetal utilizado para a produção de biodiesel é o óleo de soja, que é a principal oleaginosa produzida no Brasil (OSAKI; BATALHA,2011). São considerados misturas compostas por ésteres de ácido graxos e glicerina e são conhecidos como triacilgliceróis, também conhecidos como triglicerídeos (SUAREZ; MENEGHETTI, 2007).

Os óleos vegetais não podem ser usufruídos como combustível, pois possuem alta viscosidade e baixa volatilidade. Por isso para obtenção do biodiesel é necessário que essas matérias-primas passem por processos químicos, com a finalidade de eliminar as características indesejadas (LIMA FILHO et al., 2017).

Normalmente os vegetais possuem proporções diferentes de óleos. A média é de 18,3% para o soja, 40,9% para o girassol, o amendoim apresenta 40,3% e o coco apresenta cerca de 62,4% de óleo (FOOD, 2014).

No Brasil, os óleos são obtidos predominantemente de sementes de diversas espécies vegetais, já que o país possui uma grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas (FARIA et al., 2007).

Para Nunes (2007) a demanda dos óleos vegetais podem aumentar ainda mais com o passar dos anos devido a diversificação da matriz energética que prevê o aumento do consumo na forma de biodiesel. As várias espécies de vegetais podem ser utilizadas na produção do biodiesel, como palma ou dendê, soja ou girassol.

2.4 PACHIRA AQUÁTICA AUBLET (MUNGUBA)

A *Pachira aquática* Aublet também conhecida como munguba, monguba, castanheira-do-maranhão, castanheira, cacau-selvagem é uma árvore proveniente do sul do México até o norte da América do Sul. No Brasil é vista em diversas áreas do norte, conforme a figura 4. Na região norte do Brasil, a munguba é predominante em terrenos sujeitos a sempre ser inundados, em particular margens de rios e córrego (SILVA et al., 2012).

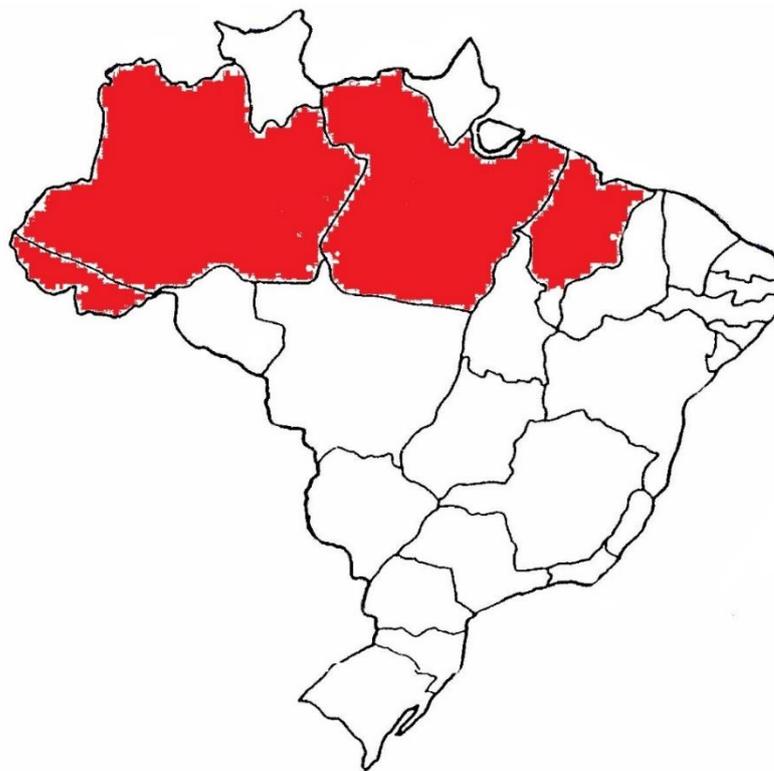


Figura 4 - Distribuição geográfica.
Fonte: AUTOR (2019)

A *Pachira aquática* foi inserida na arborização urbana pelo francês Glaziou, na segunda metade do século XIX. Na região sudeste do Brasil, a árvore começou a ser utilizada graças a Roberto Burle Max nos anos 60. As castanhas da espécie são consideradas comestíveis e são consumidas de diversas formas (LORENZI, 2012).

A árvore vista na figura 5 pode chegar a 14 metros de altura, com copa densa e arredondada, com tronco de 30 a 40 cm de diâmetro (HARRI, 2014).

As flores da *Pachira* possuem pétalas estreitas e compridas de coloração castanho-amareladas com diversos estames brancos na parte basal e coloração róseo- avermelhados em direção ao ápice (OLIVEIRA et al., 2007).



Figura 5 - Árvore *Pachira Aquatica* Aublet.
Fonte: Aracno (2017).

Essa espécie possui frutos tipo cápsula séptica, deiscente, polispérmico e semi- lenhoso, com uma coloração castanho escura, epicarpo glabro , mesocarpo fibroso com um formato oval e com endocarpo esponjoso com coloração branca (LORENZI, 2006; SILVA et al., 2015). Os frutos da munguba apresentam em geral na média, 713,32 g, com 19,71 cm de comprimento e 38 sementes (CAMACHO et al., 2018; CORREIA, 2019).

Com relação a proteína das amêndoas da *Pachira aquatica* Aubl., Silva et al. (2015) encontrou nas sementes cerca de 46,62 % de lipídeos e um teor proteico natural de 13,75%. Enquanto a composição das propriedades nutricionais das sementes apresentam 3,89% de Umidade, 38,39 % de lipídios, 11,86% de proteínas, 4,26% de cinzas e com relação a carboidratos e fibras de 41,60% (JORGE;LUZIA, 2012). Essas diferenças que foram encontradas segundo o mesmo autor, deve-se com relação as condições climática, do ponto de maturação no momento da colheita e no semeio da espécie.

Em pesquisas para descobrir o teor, de óleo, Jorge;Luzia (2012) encontraram cerca de 40% de óleo proveniente das sementes da *P.aquática*

Aublet, conforme a figura 6, possuindo um bom potencial. Já Lago et al. (1986) encontrou 44,1 % de teor de óleo.



Figura 6 - Sementes do fruto da Munguba.
Fonte: Aracno (2017).

Pesquisas de Jorge;Luzia (2012) e Oliveira (2018) ambos mostraram que o óleo de munguba possui uma quantidade enorme de ácidos graxos saturados, fazendo com que o óleo da munguba se torne uma gordura, conforme a tabela 1, comprovando que o ácido palmítico é o mais abundante ácido graxo saturado encontrado em lipídeo vegetais.

Tabela 2 - Ácido Graxos da munguba

ÁCIDO GRAXOS	Oliveira(2018)	Jorge e Luzia (2012)
Mirístico – C14:00	0,2	-
Palmítico – C16:00	69,4	44,93
Palmitoléico – C16:01 cis 9	0,1	-
Esteárico – C18:00	3,7	3,08
Oléico – C18:01	9,3	39,27
Linoléico – C18:02 (9,12)	8,7	11,35
Linolênico – C1:03 (9,12,15)	1,0	0,46
Araquídico – C20:00	2,8	0,87
Gadoléico – C20:01	-	-
Behênico – C22:00	-	0,05
Outros	4,8	-

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PREPARAÇÃO DAS SEMENTES

As sementes da *Pachira Aquatica Aublet* foram obtidas de uma propriedade agrícola da cidade de Mirante do Paranapanema (22° 17' 3" S, 51° 54' 21" N), distrito de Cuiabá Paulista localizada no estado de São Paulo.

O processo iniciou-se no momento em que sementes foram descascadas, pesadas e colocadas em uma estufa a 65°C durante um período de 24 horas, no Laboratório de Controle de Qualidade de Produto Agrícola – LACON da UNIOESTE - Cascavel, onde toda umidade das sementes retirada. Em seguida a, as mesmas foram para o processo de moagem e seguiram para o processo de extração.

3.2 EXTRAÇÃO PELO DETERMINADOR DE GORDURA TECNAL TE-044

A extração do óleo das semente secas foram realizadas no LACON, utilizando o Determinador de Gordura Tecnal TE-044. Esse equipamento tem como princípio a extração por solventes a quente de resíduos graxos, lipídeos e gorduras, conforme a figura 7.



Figura 7 - Determinador de Gordura TECNAL

Fonte: Autor (2018)

Foram pesados 150 gramas de cada semente, separadas em 50 invólucro de papel filtro com aproximadamente 3 gramas cada uma para a análise.

Em seguida eram inseridos em cada uma das hastes do determinador que no total eram 5, posteriormente adicionado aproximadamente 100 ml da solução de Éter de Petróleo, onde essas ficavam inicialmente 1 hora e 30 minutos a uma temperatura de 90°C e posteriormente a temperatura era aumentada para aproximadamente 120°C por 40 minutos, visando a recuperação de todo o Éter de Petróleo utilizado.

Após a recuperação do Éter de Petróleo, os rebouylers eram retirados do extrator e levado a secadora por aproximadamente 120 minutos para que todo o solvente que ainda junto com o óleo seja evaporado, ficando assim somente os óleos das sementes.

O valor do rebouyler antes do processo e após do processo era anotado para ser feito o cálculo do teor de lipídios das amostras.

3.3 EXTRAÇÃO PELO EXTRATOR DE GORDURA E GRAXAS MA 491-MARCONI

As extrações dos óleos foram realizadas no Laboratório L34 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira (25°17'42" S, 54°5'38" N), utilizando o extrator de óleos e graxas MA-491 da marca MARCONI, conforme a figura 8.



Figura 8 - Extrator de Gordura MARCONI
 Fonte: Autor (2019)

Assim como no Determinador de Gordura TECNAL, no Extrator de gordura foram pesados 150 gramas de cada semente, separadas em 50 invólucro de papel filtro com 3 gramas cada uma para a análise.

Em seguida eram inseridos em cada uma das hastes do extrator, junto com o cartucho de celulose, que no total eram 5. Posteriormente adicionado aproximadamente 150 ml da solução de Éter de Petróleo.

Foi necessário observar o gotejamento do solvente resultante da ebulição e condensação, regulando o mesmo para 60 até 120 gotas por minuto. Em seguida a amostra era imergida no solvente por 30 minutos. Após esse tempo, a haste deve ser suspensa em uma altura para que as gotas do solvente caíssem no cartucho por mais 2 horas.

O valor do rebouyler antes do processo e após do processo era anotado para ser feito o cálculo do teor das amostras.

3.4 TEOR DE LIPÍDEOS DAS AMOSTRAS

O cálculo do teor de óleo das amostras, equação 1, onde o peso do rebouyler mais óleo era subtraído do rebouyler após todo o processo, multiplicado pelo valor de 100, e tudo isso era dividido pela massa de cada “trouxinha” que foi inserido nas hastes.

$$\text{Teor de Lipídios} = \frac{[(\text{Rebouyler} + \text{Óleo}) - (\text{Rebouyler})] * 100}{\text{Massa de cada "Trouxinha"}} \quad (1)$$

3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS

O óleo da *Pachira aquática Aublet* foi caracterizado quanto a suas propriedades, com as seguintes análises: Ácidos Graxos – perfil dos ácidos -, índice de saponificação, índice de peróxidos, índice de acidez, índice de refração e teor de água.

3.5.1 Perfil dos Ácidos Graxos

O perfil dos ácidos graxos do óleo da munguba foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, no laboratório do curso de Licenciatura em Química.

Para a análise foi utilizado o cromatógrafo a gás com detector de condutividade térmica seguindo a metodologia usado por Hartman e Lago (1973), conforme a figura 9.



Figura 9 - Cromatógrafo a gás
Fonte: Autor (2019)

3.5.2 Índice de Acidez

Para a determinação do índice de acidez foi utilizado o método AOCS Ca 5a-40. O índice de acidez é um dado muito importante para a avaliação do estado da conservação do óleo. O índice de acidez é definido como a quantidade mg de hidróxido de sódio para neutralizar uma grama de amostra.

Em um Erlenmeyer, foram adicionados 0,200 gramas de amostra de óleo dissolvida em 5 mL de álcool etílico, na presença de fenolftaleína como indicador. Após a agitação, a amostra foi titulada com a solução de Hidroxido de Sódio 0,1 N.

O volume gasto ao final da titulação foi usado para calcular o índice de acidez. A determinação foi utilizada em triplicada, utilizando no total 0,600

gramas de cada óleo para a determinação. O índice de acidez foi calculado pela equação 2.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{V \times N \times 28,2}{M} \quad (2)$$

Onde,

V = Volume gasto na titulação, expresso em mL

N= Normalidade exata da solução de NaOH

M= Massa da amostra, expressa em gramas (0,200 gramas)

28,2 = Fator de correção

3.5.3 Índice de Saponificação

O índice de saponificação é dado pela quantia de miligramas de hidróxido de potássio para conseguir saponificar 1g de óleo ou de gordura. A saponificação é realizada por destilação ao refluxo presente numa solução alcóolica de hidróxido de potássio em excesso. O índice é inversamente proporcional ao peso molecular mediano dos ácidos graxos dos triacilgliceróis presentes (JORGE e LUZIA,2012).

Para a determinação do índice de saponificação das amostras, foi utilizado o método ABNT NBT 10448: 2012.

Foram pesados cerca de 0,500 gramas de cada semente, adicionadas em um erlenmeyer e adicionado 25 mL de solução etanólica de hidróxido de potássio 0,5 N. Após o aquecimento até a ebulição por 60 minutos, utilizando um condensador de refluxo a solução foi titulada com ácido clorídrico 0,5 N padronizado, na presença do indicador de fenolftaleína.

Foi feita a titulação em branco seguindo as mesmas condições descrita anteriormente. O cálculo para a determinação do índice de saponificação foi feito com a equação 3.

$$\text{Índice de Saponificação} = \frac{(56,1 \times (V_0 - V_1) \times N_e)}{m} \quad (3)$$

Onde,

V_0 = É o volume da solução e ácido clorídrico gasto na prova em branco, expresso em mililitros (mL)

V_1 = É o volume da solução de ácido clorídrico gasto com a amostra, expresso em mililitros (mL)

N_e = É a normalidade exata do ácido clorídrico

m = É a amostra, expressa em gramas

3.5.4 Índice de Peróxido

O índice de peróxido é determinado a partir de milequivalentes de oxigênio ativo em 1000 gramas de óleo, calculados a partir do iodo liberado do iodeto de potássio (JORGE,2003). Para a obtenção do índice de peróxido foi utilizado o método AOCS Cd 8-53.

Foi pesado cerca de 0,5 gramas da amostra em um erlenmeyer e adicionado 3 ml da solução ácido acético clorofórmico 3:2, agitando a amostra até a dissolução. Em seguida foi adicionada 0,05 mL de Iodeto de Potássio. Após foi acrescentado 3 mL de água e titulado com tiosulfato de sódio 0,1 N.

Foi feito ao mesmo tempo uma titulação em branco, seguindo os mesmos passos descritos acima.

Para o cálculo foi utilizado a equação abaixo

$$\text{Índice de Peróxido} = \frac{(A - B) \times N \times f \times 1000}{P} \quad (4)$$

Onde,

A = Número de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 gasto na titulação da amostra

B = Número de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 gasto na titulação do branco

N = Normalidade da solução de tiosulfato de sódio

f = fator da solução de tiosulfato de sódio

P = Número de gramas da amostra

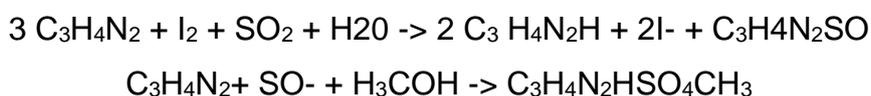
3.5.6 Teor de água

A determinação do teor de água é feita através do método de Karl Fischer, conforme a Figura 10, utilizando a técnica EN 12937. Onde inicialmente uma amostra é inspecionada visualmente, se a mesma estiver clara e de ótimo aspecto, livre de gotículas de água e material particulado, em seguida uma quantidade é pesada e injetada no recipiente para a titulação do aparato, onde o iodo presente no trabalho reage com a água.



Figura 10 - Aparelho Karl Fisher
Fonte: Autor (2019)

A determinação de umidade por Karl Fischer, se baseia na reação quantitativa, da água com uma solução anidra de dióxido de enxofre e iodo, isso na presença de uma base orgânica em metanol, que se adiciona aos íons de hidrogênios formados (LOPES,2012).



3.5.7 Índice de Refração

O índice de refração é a relação entre a velocidade da luz no vácuo no óleo. Esse índice está ligado ao grau de saturação das moléculas, com relação

as ligações duplas e pode sofrer influência devido pela oxidação do óleo (MORAIS et al.,2012).

A determinação do índice de refração, foi feita utilizando o refratômetro, do laboratório de Química da Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu, utilizando a metodologia de AOCS Cc7-25 (1993).

3.6 PRODUÇÃO DOS ÉSTERES

3.6.1 Obtenção do biodiesel

Para obtenção do biodiesel, foi utilizado a metodologia de Johnson e Wen (2009), na qual produzia biodiesel com pouca quantidade de óleo. Após a extração dos óleos, e analisado aquele com maior teor de lipídeos, foi pesado cerca de 500 mg do mesmo em 14 tubos de ensaios, considerados como tratamentos.

Em seguida foram adicionados 3,4 mL de metanol, 4,0 ml de Clorofórmio e a de ácido sulfúrico variava entre 0,4, 0,6 e 0,8 mL. A temperatura variava de 30° C a 90° C conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Tubos de ensaios

Número do tubo / Tratamento	Metanol	Clorofórmio	Ácido Sulfúrico	Temperatura
1	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	30° C
2	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	30° C
3	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	30° C
4	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	60° C
5	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C
6	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	60° C
7	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	90° C
8	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	90° C
9	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	90° C
10	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C
11	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C
12	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C
13	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C
14	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C

A reação ocorreu durante 60 minutos, onde a cada 10 minutos os tubos eram agitados por meio do aparelho Vortex, conforme a figura 11. Após as amostras serem resfriadas até atingirem a temperatura ambiente era adicionado

2 mL de água destilada e os tubos deixados em repouso os tubos para que ocorresse a decantação.

Após a decantação ocorrer foi analisado qual dos tubos ocorreu a maior formação de ésteres. Para que fosse verificado a produção, foi retirado 1 mL dos ésteres produzidos, onde após 60 minutos descansando a uma temperatura de 90°C em uma estufa, todo o clorofórmio que ali estivesse fosse evaporado.



Figura 11 - Aparelho Vortex
Fonte: Prolab (2019)

3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÉSTERES METÍLICOS

O biodiesel produzido, foi caracterizado também quanto as suas propriedades físico-químicas: Teor de água, índice de refração, massa específica a 20°C, Teor de éster e viscosidade cinemática a 40°C e perfil de ácidos graxos, conforme descrito na tabela 4.

Tabela 4 - Características a serem analisadas

Característica	Norma técnica/Metodologia
Teor de Água	Karl Fischer – EM 12937
Massa específica a 20° C	Picnômetro
Teor de Éster	CG
Viscosidade Cinemática a 40°C	Viscosímetro – NBR 10441

3.7.1 Viscosidade Cinemática a 40°C

A viscosidade é uma das propriedades que está ligada diretamente a resistência de um líquido ao escoamento, sendo que, a força de cisalhamento provocado entre o líquido e a parede, tanto em seu pistão, quanto no cilindro, e está ligado com as interações intermoleculares e intramoleculares presentes (OLIVEIRA,2018).

Para a análise da viscosidade cinemática foi utilizado o viscosímetro Cannon- Fenske em banho termostático a 40°C, conforme a figura 12.



Figura 12 - Viscosímetro
Fonte: Autor(2019)

3.7.2 Massa específica a 20°C

A massa específica a 20°C é obtido através do aparelho de picnômetro, conforme a figura 13. Esse equipamento é uma vidraria com baixo coeficiente de dilatação, que é usado para determinar a massa específica de substancias através, da relação da massa e do volume.



Figura 13 - Picnômetro
Fonte: 3B Scientific (2019)

3.7.3 Teor de Ester

Para descobrir o teor de ésteres presentes no biodiesel é necessário seguir a norma ABNT NBR 15764 de 2012, para determinar a concentração de ésteres por cromatografia gasosa. A análise foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística do planejamento experimental foi realizada utilizando o Software Statistica (versão 10), avaliando a influência que o ácido sulfúrico e a temperatura causam no processo da produção do biodiesel de munguba.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS

4.1.1 Propriedades físico químicas do óleo de munguba

4.1.1.1. Índice de Saponificação

O índice de saponificação que é a propriedade que aponta o peso molecular médio do ácidos graxos esterificados ao glicerol no triacilglicerol, foi de 180,95 mg.KOH g⁻¹, semelhante com o de Silva (2010), onde o mesmo encontrou o valor de 172. Quando compara-se com o valor com óleo de gergelim que foi de 142,2 (DAWODU et al.,2014) o índice de saponificação foi maior.

Porém quando se compara com o óleo extraído da munguba por Filho e Jorge (2012) cujo valor foi de 208, o valor encontrado foi menor. A comparação do índice de saponificação com outros óleos é possível ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Índice de Saponificação

Óleo (mg. KOH g ⁻¹)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Média	Desvio Padrão	Autor
Munguba	182,21	180,00	180,63	180,95	1,14	-
Munguba	-	-	-	208	1	FILHO e JORGE(2012)
Munguba	-	-	-	172	-	SILVA (2010)
Soja	-	-	-	143,327	6,047	ALMEIDA et al. (2011)
Gergelim	-	-	-	142,2	-	DAWODU et al.(2014)
Babaçu	-	-	-	189,75	-	CARVALHO (2017)
Macaúba	-	-	-	200,21	-	CARVALHO (2017)

A saponificação pode estabelecer qual é o grau de deterioração e a estabilidade do óleo. Nos teores britânicos, um óleo considerado de uma boa qualidade, deve apresentar o índice de saponificação na faixa de 177 a 187 mg. KOH g⁻¹, fazendo com que quanto maior o índice de saponificação, maior é o

uso do óleo para o setor alimentício (AZEVEDO e LIMA ,2001; MORETTO et al.,2002).

Um alto teor de índice de saponificação, pode ser que faça com que a quantidade de catalisador no processo de reação seja maior, fazendo com que o biodiesel seja lavado diversas vezes (FREITAS,2009;MORAIS et al.,2012).

4.1.1.2. Índice de Peróxido

O índice de peróxido encontrado de 0,99 foi superior ao de Silva (2008) (0,93) e inferior ao de Filho; Jorge (2012) que foi de 0. Quando compara-se com outros óleos vegetais, como o de girassol (1,40) obtido por Pinheiro (2019) e o de amendoim (3,64), (RADUNZ et al.,2018) o índice de peróxido encontrado é inferior.

Assim como o índice de saponificação, o índice de peróxido está ligado ao grau de degradação do óleo vegetal e do mesmo modo com o biodiesel também (OLIVEIRA et al.,2013), fazendo com que ocorra uma mudança na cor e no odor. O índice de peróxido é essencial para estimar o grau da deterioração da matéria-prima para que seja feito o biocombustível, já que não é desejável a existência de peróxidos em óleos e gorduras (MELO,2010). A comparação do índice de peróxido com outros óleos é possível ser visto na Tabela 6. Para o índice de peróxido ser aceito pela Anvisa, o índice deveria ser de no máximo 15 meq/kg, fazendo assim com que o valor encontrado esteja dentro do permitido.

Tabela 6 - Índice de Peróxido

Óleo (meq.kg ⁻¹)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Média	Desvio Padrão	Autor
Munguba	0,990	1,000	0,990	0,993	0,006	-
Munguba	-	-	-	0	0	FILHO e JORGE(2012)
Munguba	-	-	-	0,93	-	SILVA (2008)
Girassol	-	-	-	1,4	-	PINHEIRO(2019)
Amendoim	-	-	-	3,64	-	RADUNZ et al. (2018)
Pinhão Manso	-	-	-	2,77	-	MOURA et al. (2019)

4.1.1.3. Índice de Acidez

O índice de acidez encontrado na amostra foi de 3,29. Se comparado com o valor encontrado por Radunz et al. (2018) em outros óleos o de amendoim 4,88, o de andiroba 17,74, o encontrado da munguba foi menor. Ao contrário de óleos como Babaçu, 1,26, encontrado por Araújo et al. (2009) e Pinhão manso, 0,67, Moura et al. (2019) os quais possuem um valor menor de índice de acidez. O índice de acidez está ligada ao nível de degradação da qualidade do óleo, fazendo com que seja relacionado a natureza da matéria prima, com a qualidade e o grau de pureza desse óleo (NGASSAPA et al.,2012; SANTOS et al.,2017). Óleos com alta acidez quando inseridos no processo de transesterificação não irão ter uma separação de fases, isto é, éster e glicerina (GONÇALVES et al.,2009; NUNES,2007).

A acidez é muito importante para que ocorra a reação da transesterificação, além de fornecer o grau de degradação do óleo, como já relatado é fundamental para determinar a quantidade de catalisador que será utilizado na reação (CANDEIA,2008; MORAIS et al.,2012).

Segundo Silva (2005) quando a acidez está elevada, pode catalisar as reações intermoleculares, no qual podem afetar na estabilidade térmica do combustível na câmara de combustão, além de ter relação com ação corrosiva dos componentes metálicos do motor.

A comparação do índice de acidez com outros óleos é possível ser visto na Tabela 7. Para que o índice de acidez esteja dentro do que a Anvisa normaliza, o mesmo deve ser de no máximo 4,0 mg KOH/g, fazendo assim com que o valor encontrado esteja dentro do que se pede.

Tabela 7 - Índice de Acidez

Óleo (mg KOH/g)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Média	Desvio Padrão	Autor
Munguba	3,31	3,250	3,288	3,283	0,030	-
Amendoim	-	-	-	4,88	-	RADUNZ et al. (2018)
Andiroba	-	-	-	17,74	-	RADUNZ et al. (2018)
Babaçu	-	-	-	4,48	-	ARAÚJO et al. (2009)
Pinhão Manso	-	-	-	0,67	-	Moura et al. (2019)
Gergelim				1,37		Guimarães (2019)

4.1.1.4. Índice de Refração

Já com relação ao índice de refração, que foi de 1,4656. Se relacionarmos ao valor encontrado por Souza (2008) e Filho e Jorge (2012), que encontraram 1,4549 e 1,4720 respectivamente, pode ser considerado que os valores foram iguais.

O índice de refração está relacionado com o grau de instauração das ligações, compostos de oxidação e com o tratamento térmico. Isso se reflete no o número de ligações duplas e no tamanho das cadeias hidrocarbonadas (ALMEIDA et al.,2011; JORGE et al., 2005). A comparação do índice de refração com outros óleos é possível ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Índice de refração

Óleo (40°C)	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Média	Desvio P.	Autor
Munguba	1,4672	1,4644	1,4653	1,4656	0,001	-
Munguba	-	-	-	1,4549	-	FILHO e JORGE (2012)
Munguba	-	-	-	1,4720	-	SOUZA (2008)
Cutieira	-	-	-	1,4269	-	SOUZA (2008)
Crambe	-	-	-	1,4626	-	MORAIS et al. (2012)
Café	-	-	-	1,482	-	GALVÃO et al. (2018)
Linhaça	-	-	-	1,464	-	RADUNZ et al. (2018)
Andiroba	-	-	-	1,459	-	RADUNZ et al. (2018)

4.1.1.5. Teor de Água

O teor de água encontrado na amostra de óleo de munguba foi de 2,1 %. Se comparado com Jorge e Luzia (2012) , que foi de 3,89 %, o mesmo foi menor, porém quando compara-se com outros óleos como o da castanha do pará (0,33%), o babaçu (0,36%) e o pequi (0,31%) o teor de óleo encontrado na munguba é maior (SEBASTIÃO et al.,2018).

Segundo Barros et al. (2008) e Faustino (2015) teores de umidade acima de 0,5% pode provocar a hidrólise de triglicerídeos convertendo eles em ácidos graxos livres, aumentando assim a formação de sabão e a diminuição no rendimento das reações.

4.1.2 Teor de Lipídeos

Nas Tabela 9 e 10, apresenta os rendimentos da extração feita a partir do Determinador de Gordura TECNAL e Extrator de Gordura MARCONI.

Tabela 9 – Teor de lipídeos por Tecnal

Sementes	Peso (gramas)	% Lipídeos	Desvio Padrão
Munguba	150	43,14	0,72

Tabela 10 – Teor de lipídeos Marconi

Sementes	Peso (gramas)	% Lipídeos	Desvio Padrão
Munguba	150	41,24	0,42

O valor de teor de óleo encontrado da Munguba, tanto no Determinador de Gordura TECNAL que foi de 43,14% e no Extrator de Gordura MARCONI que foi de 41,14, um valor médio 42,19 %, foi superior ao encontrado por Jorge e Luzia (2012) que encontraram 38,39% e inferior ao encontrado por Lago et al. (1986) de 44,1% e Silva (2010) de 46,62 % de teor de lipídeos.

O teor de lipídios encontrando nessa espécie oleaginosa, é alto quando comparado com outras sementes, é o caso da soja que pode variar de 16 a 22% Vargas et al. (2002) e do milho que pode variar de 8 a 10 % (DANTAS,2006). Quando compara-se os dois sistema, que foram utilizados para extração, com relação a extração da Munguba a eficiência foi maior no Determinador de Gordura Tecnal.

Segundo Parente (2003) em espécies oleaginosas a obtenção dos óleos podem ser feita mecanicamente, tanto por solvente ou até mesmo de forma mista. Para o autor, se utilizarmos o sistema com extração mecânica o teor de óleo considerado alto para amostras deve ser maior que 35%, já para extração por solvente o teor de lipídios das amostras é considerado baixo, em torno de 25%.

4.1.3 Perfil dos Ácidos Graxos

A tabela 11 apresenta o resultado encontrado na identificação dos componentes que estão presentes no óleo de munguba.

Tabela 11 - Identificação de componentes presentes no óleo de munguba

Pico	Nome do Analito	Tempo [min]	Area [Uv*sec]	Altura [uV]	Norm. Area (%)
6	C4	9.895	2767.44	830.35	0.19
7	C6	11.184	4039.39	1634.02	0.27
12	C8	12.522	4220.50	1738.28	0.29
17	C10	13.921	2935.36	1382.48	0.20
18	C11	14.401	1259.30	668.42	0.09
19	C12	15.393	3755.64	1898.99	0.25
20	C14	17.101	7145.98	3405.65	0.48
21	C15	18.111	1634.62	623.18	0.11
22	C16	19.303	1212903.32	415206.10	81.95
23	C16:1	20.023	5409.53	2108.66	0.37
24	C17	20.576	2777.57	1096.44	0.19
25	C18	22.085	45546.28	15480.28	3.08
26	C18:1N9T	22.652	25901.00	8761.92	1.75
28	C18:1N9C	23.082	15849.71	5491.34	1.07
30	C18:2N6T	23.694	7253.07	865.23	0.49
32	C18:2N6C	24.439	51696.83	15893.14	3.49
33	C18:3N3	26.079	4443.36	1165.91	0.30
34	C20:1	26.488	7439.14	1747.80	0.50
35	C21	27.614	6571.73	890.76	0.44
36	C20:2	28.946	4189.63	1005.97	0.28
37	C23	32.370	42924.66	11079.29	2.90
38	C22:2	33.698	2735.71	699.31	0.18
39	C24	35.106	6056.57	1563.18	0.41
42	C22:3N3	36.261	4835.96	1215.12	0.33
45	C24:1N9	39.600	5691.29	972.15	0.38
			1479983.60	497423.97	100.00

É possível se notar que o valor do Ácido Palmítico que é de 81,95 %, assim como nos trabalhos de Jorge e Luzia (2012) com 69,4 % e Oliveira (2018) com 44,93 % é o ácido graxo mais encontrado no óleo de munguba.

O óleo de munguba é um óleo de sua maioria de ácidos graxos saturados 87,48% e 12,52 % de ácidos graxos insaturados. Isso se reflete no tamanho das cadeias, no teor de ligação entre as moléculas.

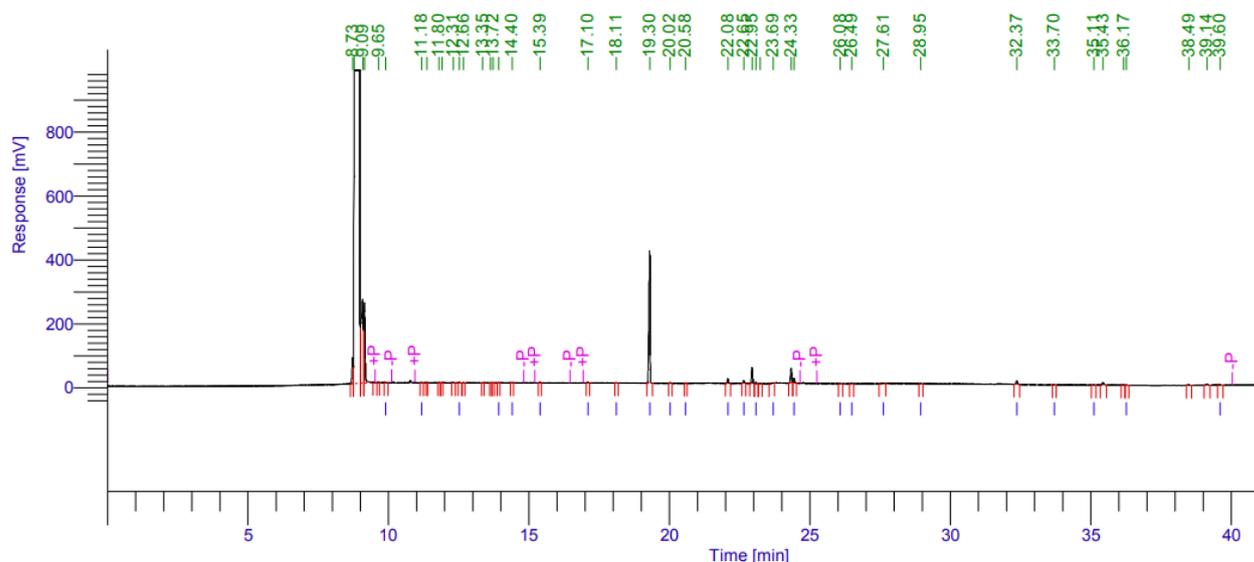


Figura 14 - Picos da cromatografia feito para o óleo de munguba
Fonte: Autor (2019)

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL

4.2.1 Produção de Ésteres

Após o processo descrito para produção dos ésteres metílicos os valores encontrados após calculado o peso de cada amostra estão descritos na tabela 12 e na figura 17.

Levando em consideração os tubos e o rendimento que cada um deles teve durante o processo da produção dos ésteres metílicos, pode ser observado que nos tubos onde a temperatura foi de 60°C, e o ácido sulfúrico foi uniforme de 0,6 mL, igualmente ao que foi produzido por Johnson; Wen (2009) .

Essa relação pode ser visto na figura 17.

Tabela 12 – ml de Ésteres Metílicos produzidos na reação

Número do tubo	Metanol	Clorofórmio	Ácido Sulfúrico	Temperatura	mL de Ésteres Metílicos
1	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	30° C	376,0
2	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	30° C	414,8
3	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	30° C	395,6
4	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	60° C	424,6
5	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	431,2
6	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	60° C	411,6
7	3,4 mL	4,0 mL	0,4 mL	90° C	400,4
8	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	90° C	425,0
9	3,4 mL	4,0 mL	0,8 mL	90° C	431,4
10	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	426,2
11	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	430,2
12	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	420,5
13	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	424,6
14	3,4 mL	4,0 mL	0,6 mL	60° C	422,8

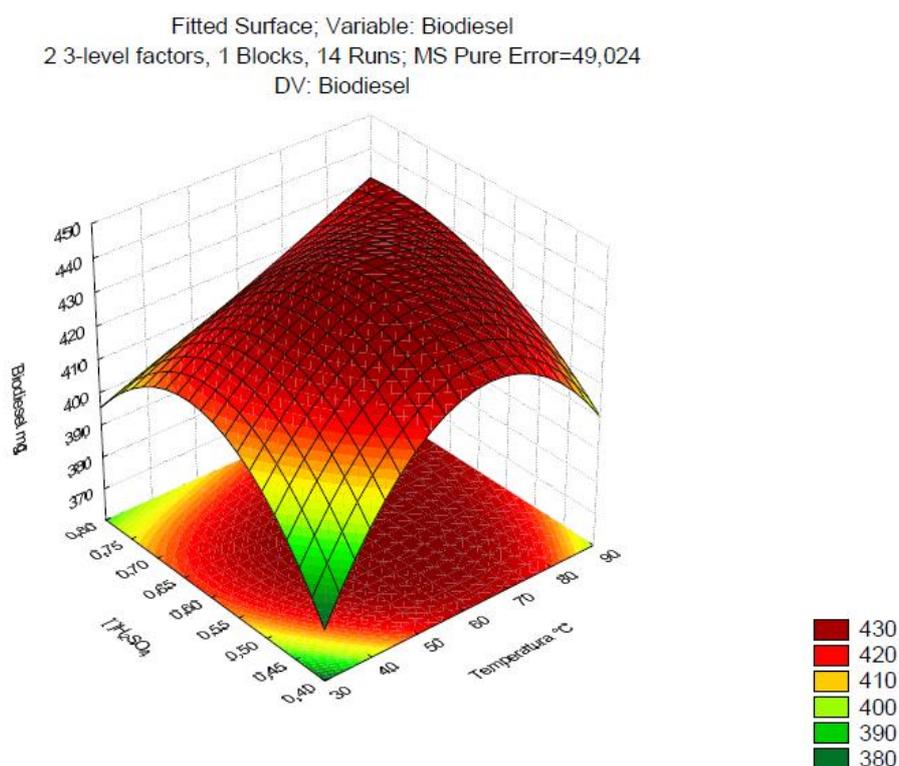


Figura 15 - Temperatura x H₂S₀₄
Fonte: Autor (2019)

Nas figuras 16, 17 e 18 é possível ver a diferença com relação ao valor produzido de ésteres metílicos a partir dos 30°C, 60°C e 90°C. No processo onde as temperaturas utilizadas foram de 30°C e 60°C, os tubos que mais produziram foram aqueles que utilizaram 0,6 ml de ácido sulfúrico.

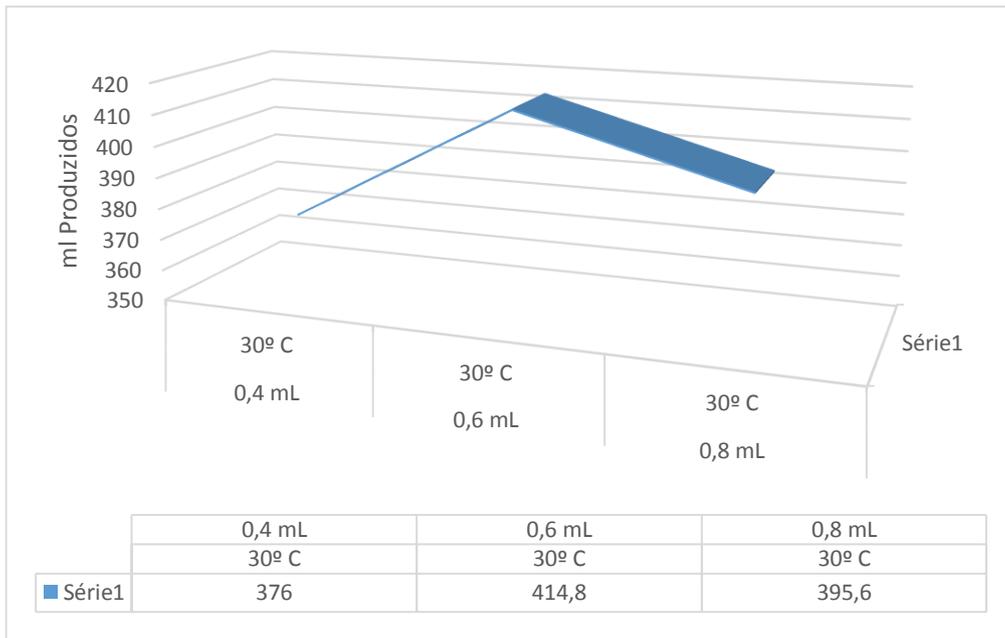


Figura 16 - Produção de ésteres metílicos a 30°C
Fonte: Autor (2019)

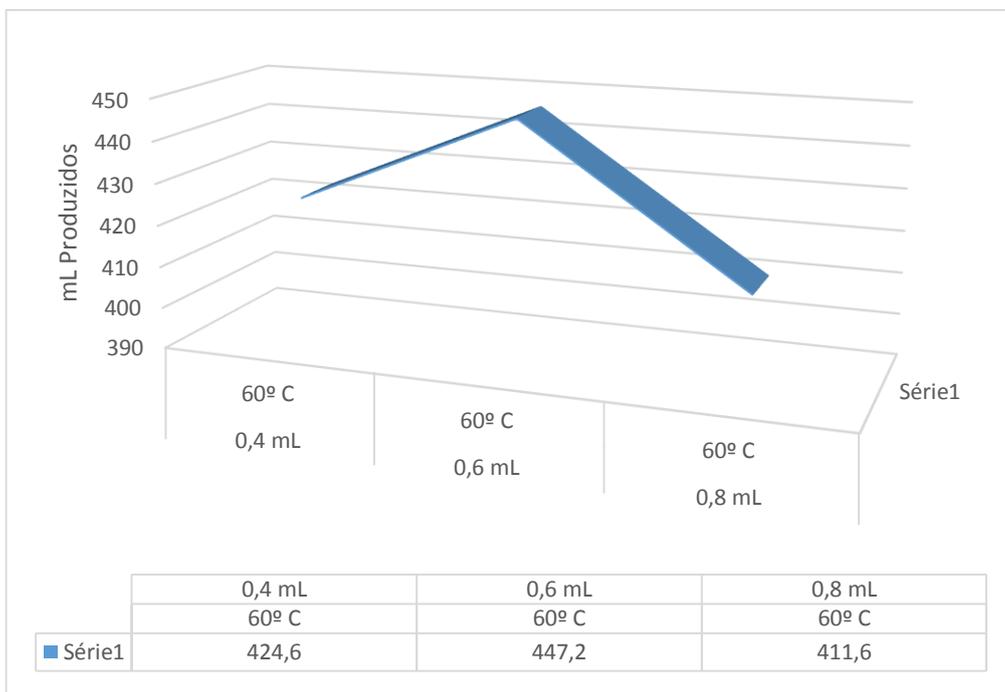


Figura 17 - Produção de ésteres metílicos a 60°C
Fonte: Autor (2019)

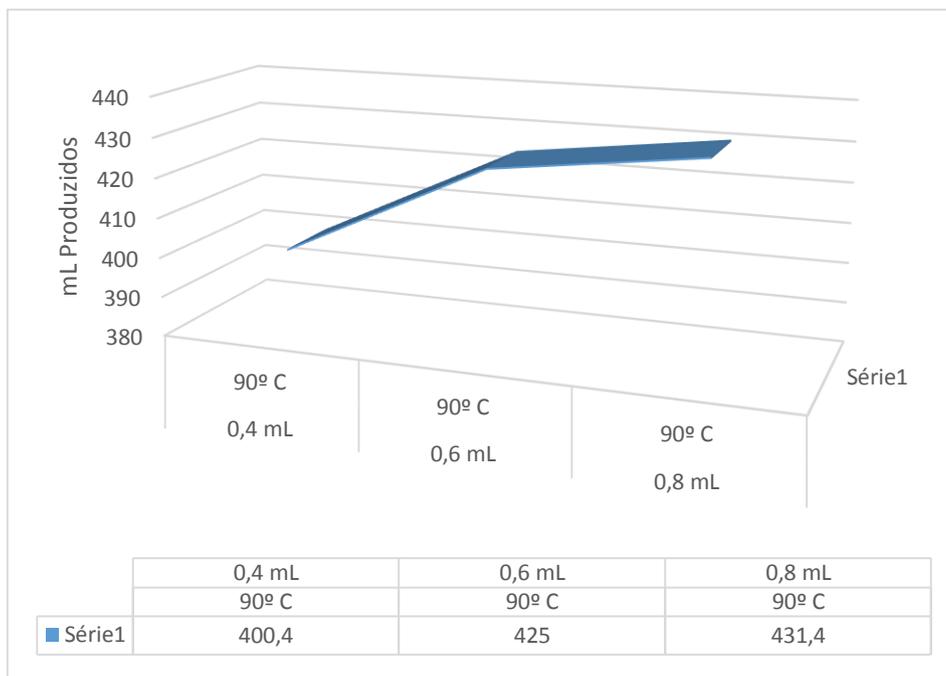


Figura 18 - Produção de ésteres metílicos a 90°C
Fonte: Autor (2019)

Na figura 19 e 20 é possível comprovar que as maiores quantidades de ésteres produzidos foram nas concentrações de 0,6 mL. Já na figura 21, é visto que conforme era o aumento da temperatura maior era a produção de ésteres, mostrando que a maior quantidade foi com 90°C.

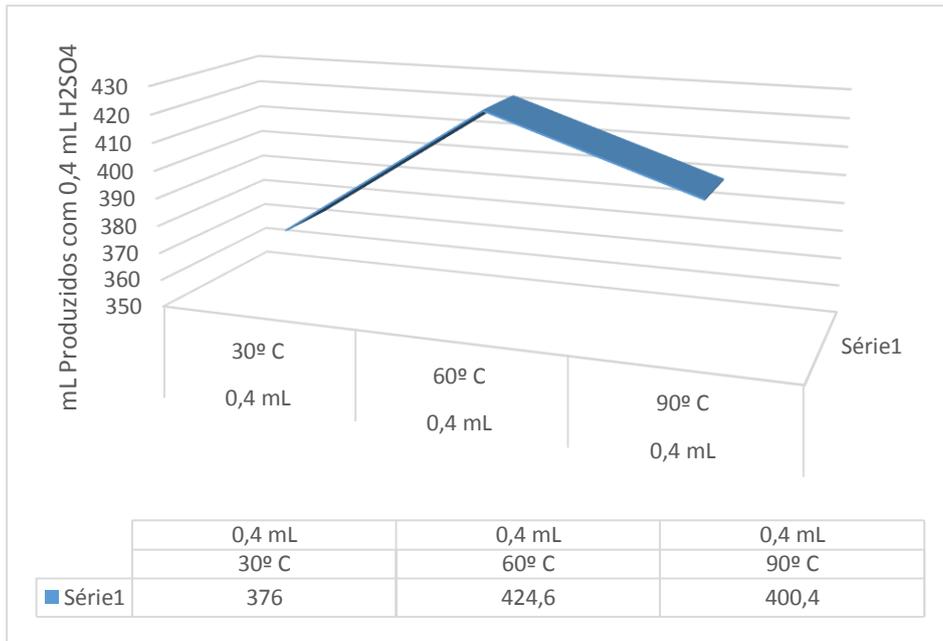


Figura 19 - mL produzidos com 0,4 ml de H₂SO₄
Fonte: Autor (2019)

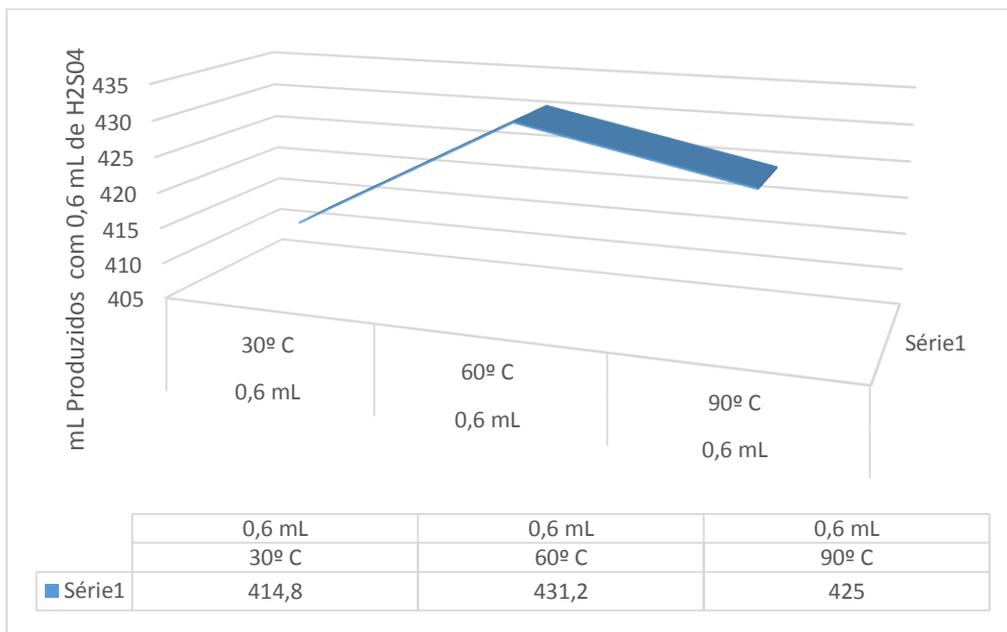


Figura 20 - mL produzidos com 0,6 mL de H₂SO₄
Fonte: Autor (2019)

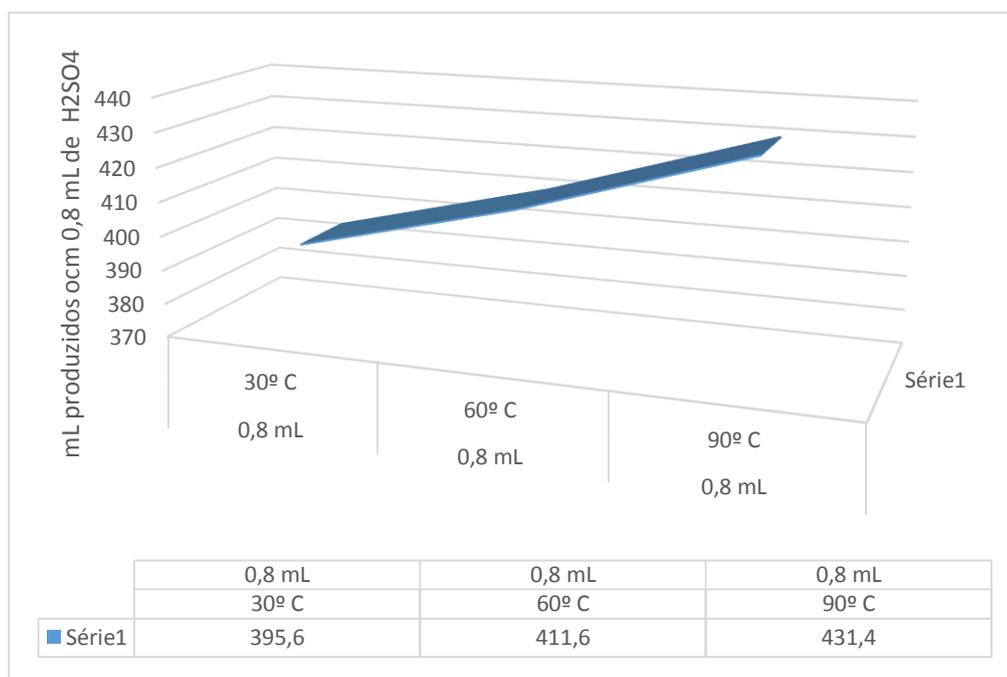


Figura 21 - mL produzidos com 0,8 mL de H₂SO₄
Fonte: Autor (2019)

Observando-se a taxa de conversão, vista na tabela 13, de ésteres produzidos a partir das 500 mg usada para a produção do biodiesel, o tubo 1 com 75,20 %, foi o que pior produziu ésteres metílicos. Esse valor se deve ao fato de sua composição ter a menor quantidade de ácido sulfúrico (0,4) e a temperatura ser a menor de todas utilizadas (30°C).

Já no tubo 5, a maior taxa de conversão 86,24%. Esse tubo passou pelo processo de formação de biodiesel em uma temperatura de 60°C e 0,6 ml de ácido sulfúrico, assim como a metodologia utilizada por Alves (2017) e Johnson; Wen (2009).

Os tubos, 10, 11, 12, 13 e 14 foram submetidos ao mesmo método de produção de biodiesel utilizando as mesmas quantidades de ácido sulfúrico, metanol e clorofórmio e ainda a mesma temperatura, 60°C.

Tabela 13 - Taxa de conversão

Número do tubo	mL de Ésteres Metílicos	Taxa % de Conversão
1	376	75,2
2	414,8	82,96
3	395,6	79,12
4	424,6	84,92
5	431,2	86,24
6	411,6	82,32
7	400,4	80,08
8	425	85
9	431,4	86,28
10	426,2	85,24
11	430,2	86,04
12	420,5	84,1
13	424,6	84,92
14	422,8	84,56

Com o exposto acima e a análise estatística ANOVA, figura 22, é nítido que a temperatura e o ácido sulfúrico tiveram um efeito significativo na conversão de óleo para ésteres metílicos, a um nível de 5% de significância. A partir disso, é possível estimar a produção de ésteres, com base nos valores aplicados de temperatura e concentração de ácido sulfúrico.

ANOVA; Var.: Biodiesel; R-sqr=,95468; Adj.:90181 (Spreadsheet1) 2 3-level factors, 1 Blocks, 14 Runs; MS Pure Error=49,024 DV: Biodiesel					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Temperatura L+Q	1594,470	2	797,2349	16,26213	0,006481
(2)H2SO4 L+Q	1348,388	2	674,1938	13,75232	0,009280
1*2	653,457	3	217,8189	4,44311	0,070999
Lack of Fit	1,484	1	1,4841	0,03027	0,868697
Pure Error	245,120	5	49,0240		
Total SS	5441,477	13			

Figura 22 - Tabela ANOVA
Fonte: Autor(2019)

4.2.2 Viscosidade Cinemática a 40°C

Após a produção ser realizada a análise de viscosidade do biodiesel foi feita e o valor encontrado foi de 7,44 mm²/s, conforme a tabela 14. Comparado com Souza (2008) que encontrou o valor da viscosidade 6,23 mm²/s é praticamente igual. Agora comparado com o biodiesel produzido a partir do soja de Alptekin e Canakci (2008) que foi de 3,97 a viscosidade foi muito maior.

A ANP em suas normas já citadas nesse trabalho, define que o valor ideal da viscosidade cinemática para um biodiesel seja de 3 a 6 mm²/s. Por isso se fosse apenas um biodiesel puro de munguba, ele estaria fora do que a Agência Nacional do Petróleo pede.

Tabela 14 - Viscosidade Cinemática a 40°C

Semente	Viscosidade Cinemática a 40° C (mm²/s)	Autor
Munguba	7,44	-
Munguba	6,23	SOUZA (2008)
Cutieira	3,68	SOUZA (2008)
Babaçu	4	LIMA, SILVA e SILVA, 2007
Pinhão manso	2,47	PATIL; DENG (2009)
Soja	3,97	ALPTEKIN e CANAKCI, 2008

4.2.3 Teor de água

O teor de água encontrado no biodiesel de munguba foi de 192, no qual está dentro do que a ANP define que é um limite de 200. O teor de água está ligado diretamente ao processo de purificação e do biodiesel. Se o teor de água não estiver de acordo com que é proposto, ele pode ser considerado um parâmetro mais crítico trazendo corrosão para o tanque de combustível, também ocorrendo uma proliferação de microrganismos.

4.2.4 Massa específica a 20°C

A massa específica que também pode ser chamada de densidade, faz com que quando o mesmo se encontra acima de níveis permitidos ocorre uma emissão de poluentes, por exemplo o CO e alguns outros materiais particulados. Porém ao mesmo tempo se estiver muito baixo o nível de massa específica pode ocorrer um aumento de combustível no carro.

A ANP limita o valor de massa específica de 850 a 900 kg/m³. O valor encontrado foi de 901,9 maior que encontrado por Souza (2008) e menor que

Brum et al. (2009) onde ambos pesquisaram com o biodiesel de munguba, conforme a tabela 15.

Tabela 15 - Massa específica a 20°C

Semente	Massa específica a 20°C (Kg/m³)	Autor
Munguba	901,9	-
Munguba	916,8	SOUZA (2008)
Cutieira	913,1	SOUZA (2008)
Munguba	889,8	BRUM et al. (2009)
Babaçu	827	GIRARDI (2019)
Soja	886,2	BRANDÃO et al. (2006)

4.2.5 Teor de Ésteres

A tabela 16 apresenta o resultado encontrado na identificação dos componentes do Biodiesel de Munguba, com a sua porcentagem dos ésteres de Palmitato de Metila, Estereato de Metila, Oleato de Metila e Linoleato de Metila encontrados.

Tabela 16 - Ésteres metílicos encontrado no CG do Biodiesel de Munguba

Ésteres Metílicos	Estrutura	Teor Encontrado (%)	SOUZA (2008)	BRUM et al., (2009)
Palmitato de Metila	C 16:0	64,1	65,7	68,3
Estereato de Metila	C 18:0	3,9	4,8	4,4
Oleato de Metila	C 18:1	12,2	15,8	10,0
Linoleato de Metila	C 18:2	8,3	11,9	6,4

Assim como Souza (2008) e Brum et al.(2009), o maior teor de ésteres encontrado foi o de Palmitato de Metila, 64,1%, e em seguida o Oleato de Metila, 12,2 %.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados e informações obtidas nesse trabalho sobre a munguba (*Pachira aquatica* Aubl.), foi visto que a semente possuía um teor de lipídios considerado alto, no qual o valor médio foi 42,19%. Esse teor de lipídios foi alto independentemente do sistema a qual a semente passou para a extração.

Os resultados encontrados nas análises físico-químicas, o índice de acidez, peróxido, saponificação, refração e o teor de água mostraram que o óleo além de ser usado nas indústrias alimentícias ele pode ser utilizado para produção de biocombustíveis. Porém o seu armazenamento após a extração deve ser feita de maneira correta até a sua utilização.

Com relação aos ácidos graxos encontrados no óleo, é visto que a maioria de suas estruturas são de ácidos graxos saturados, fazendo assim com que a ligação feita entre as moléculas seja mais fácil e conseqüentemente o óleo se torne uma gordura.

Para que a produção do biodiesel fosse produzida de maneira correta, teve a utilização de metodologias que já foram usadas para a produção de biodiesel de munguba em outra região, no qual essa região possuía um clima mais quente que fazia com que o óleo quando estivesse em temperatura ambiente ele não se “solidifica-se” graças as suas propriedades.

Por isso a metodologia que foi aplicada para a produção do biodiesel, teve que levar em consideração o clima no qual o mesmo era produzido. Sendo assim, com a metodologia utilizada, o maior percentual de ésteres produzidos com relação ao volume, teve seu diferencial naquele tratamento/ tubo que foi utilizado uma temperatura de 60°C e com um percentual de ácido sulfúrico como a literatura e a metodologia utilizada descreve, 0,6 mL.

Nas análises das propriedades físico químicas do biodiesel de munguba foram vistos resultados que no qual podem ser considerados satisfatórios, porém todos estão no limite do que a ANP exige.

Se a munguba for utilizada para a produção de biodiesel em lugares onde existem temperaturas amenas, como no sul do Brasil, ele deve ser utilizada junto com um aditivo.

Já com relação ao teor de lipídios ter sido um valor alto encontrado em 150 gramas de sementes que foi utilizada, a quantidade para se alcançar cerca

de 1000 mL de óleo deveria ser 9 kg de sementes, fazendo com que essa extração fosse muito difícil e demorada.

Com todos os dados obtidos e visto que é possível a utilização da munguba como um potencial para produção do biodiesel, porém é necessário que ocorra mais estudos sobre a espécie, desde o momento da extração do óleo e do seu armazenamento até a hora da produção do biodiesel.

6. REFÊRENCIAS

3B SCIENTIFIC. Picnômetro segundo Gay-Lussac - 1002874 - U14220 - Densidade e volume - 3B Scientific. Disponível em: <https://www.3bscientific.com.br/picnometro-segundo-gay-lussac-1002874-u14220,p_583_1062.html>. Acesso em: 5/2/2020.

ALMEIDA, J. K. P. DE; PONTES NUNES, G.; RENILTON DE MELLO, J. **CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS VEGETAIS UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM METODOLOGIAS ALTERNATIVAS SIMPLES**. 2011.

ALVES, C. DOS S. **EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MICROALGAS E OBTENÇÃO DE ÉSTERES METÁLICOS VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. , 2017.

ANVISA. **Diário Oficial da União**. 2005.

ARACNO, R. Aracno Garden: Falso-cacau ou Munguba. Disponível em: <<http://aracnogarden.blogspot.com/2017/06/falso-cacau-ou-munguba.html>>. Acesso em: 10/5/2019.

ARAÚJO, G. S.; CARVALHO, R. H. R.; DE SOUSA, E. M. B. D. **Produção de Biodiesel a partir de Óleo de Coco (Cocos nucifera L.) Bruto**. 2009.

AZEVEDO, D. M. P. DE;; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Disponível em: <[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=272296&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22LIMA,E.\(Ed.\)%22&qFacets=autoria:%22LIMA,E.\(Ed.\)%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=272296&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22LIMA,E.(Ed.)%22&qFacets=autoria:%22LIMA,E.(Ed.)%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1)>. Acesso em: 10/2/2020.

BARROS, A. A. C.; WUST, E.; MEIER, H. FRANÇA. **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO-CIENTÍFICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS GORDUROSOS**. 2008.

BRANDÃO, K. S. R.; SILVA, F. C.; NASCIMENTO, U. M.; et al. **Produção de Biodiesel por Transesterificação do Óleo de Soja com Misturas de Metanol-Etanol**. 2006.

BRASIL, M. DO D. A. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. . Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em: 21/6/2018.

BRUM, M. C. DA; DOS SANTOS, L. S.; DOS SANTOS, R. B.; LACERDA JR, V.; GRECO, S. J. **Biodiesel da Munguba (Pachira aquatica Aubl.). Síntese e Avaliação da Presença de Ácidos Graxos Ciclopropenoídicos**. 2009.

CANDEIA, R. A. **Biodiesel de Soja: Síntese, Degradação e Misturas Binárias**. 2008.

CARARETO, N. D. D.; KIMURA, C. Y. C. S.; OLIVEIRA, E. C.; COSTA, M. C.; MEIRELLES, A. J. A. Flash points of mixtures containing ethyl esters or ethylic biodiesel and ethanol. , 2012. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0016236112000506/1-s2.0-S0016236112000506-main.pdf?_tid=ef55cb34-bfc9-4d30-a17e-d866971ff11e&acdnat=1535399153_5c595abd70c3a9440b6f807b53b315b4>. Acesso em: 27/8/2018.

CARVALHO, A. C. DE O. **CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS VEGETAIS COMESTÍVEIS PUROS E ADULTERADOS**. 2017.

CASTANHEIRA, É. G.; GRISOLI, R.; FREIRE, F.; PECORA, V.; COELHO, S. T. Environmental sustainability of biodiesel in Brazil. , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.062>>. Acesso em: 27/8/2018.

CORREIA, L. A. DA S. Caracterização Energética dos frutos e sementes da *Pachia Aquatica* Aubl. para aplicação em processos de conversão termoquímica. , 2019.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 776–792, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a21v32n3.pdf>>. Acesso em: 28/6/2018.

DANTAS, M. B. OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO TERMOANALÍTICO DE BODIESEL DE MILHO (*Zea*. , p. 133, 2006. Disponível em: <http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2006/Dissertacao_Manoel_B_Dantas.pdf>. Acesso em: 8/7/2019.

DAWODU, F. A.; AYODELE, O. O.; BOLANLE-OJO, T. Biodiesel production from *Sesamum indicum* L. seed oil: An optimization study. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 23, n. 2, p. 191–199, 2014. Egyptian Petroleum Research Institute.

DELGADO, F.; EVANGELISTA, M.; ROITMAN, T. Biocombustíveis. **Cadernos FGV Energia**, v. 4, n. 8, p. 1–115, 2017.

ECARNAÇÃO, A. P. G. **GERAÇÃO DE BODIESEL PELOS PROCESSOS DE TRANSESTERIFICAÇÃO E HIDROESTERIFICAÇÃO, UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA**. 2008.

ESPITIA CAMACHO, M.; ARAMÉNDIZ TATIS, H.; CARDONA AYALA, C. Correlations and path analysis between fruit characteristics and seeds of *Pachira aquatica* Aubl. **Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín**, v. 71, n. 1, p. 8387–8394, 2018. Disponível em: <<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame>>. Acesso em: 28/1/2020.

FARIA, I. D.; PEIXOTO, M.; DE MORAIS, P.; SOUZA, R. B. L. DE. A utilização de óleo vegetal refinado como combustível – aspectos legais, técnicos, econômicos, ambientais e tributários. , 2007. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/conleg/centroaltosestudios1.html>>. Acesso em: 7/7/2018.

FAUSTINO, C. V. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO OLEO RESIDUAL DE FRITURA TRATADO COM TERRA CLARIFICANTE PARA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL. , 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5224/1/CM_COEAL_2014_2_04.pdf>. Acesso em: 1/7/2018.

FIB. Dossiê Óleos. **Food Ingredients Brasil**, p. 38–55, 2014. Disponível em: <www.revista-fi.com>. Acesso em: 11/5/2019.

FILHO, N.; JORGE, N. Caracterização do óleo das sementes de Pachira aquatica Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 149–156, 2012.

FOOD, I. B. O ÓLEO VEGETAL. **Revista Fi**, 2014. Disponível em: <www.revista-fi.com>. Acesso em: 7/7/2018.

FREITAS, R. C. DE. Química: por dentro da matéria-prima do biodiesel. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/revista/013/por-dentro-da-materia-prima-1>>. Acesso em: 11/2/2020.

GALVÃO, R. S.; MOURA, M. F. V.; FERNANDES, N. S.; et al. **ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE CAFÉ VERDE**. 2018.

GEBREMARIAM, S. N.; MARCHETTI, J. M. Economics of biodiesel production: Review. **Energy Conversion and Management**, v. 168, p. 74–84, 2018. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0196890418304655/1-s2.0-S0196890418304655-main.pdf?_tid=ac4ab40a-8f29-4bb5-9964-bf99bd0701b5&acdnat=1529493480_281c7f2218b75b9ad3d0b2b94e453f87>. Acesso em: 20/6/2018.

GIRARDI, J. C. Otimização do ponto de entupimento de filtro a frio de biodiesel de babaçu. , 2019.

GOLDEMBERG, J. **Atualidade e Perspectivas no Uso de Biomassa para Geração de Energia Current and Prospects in the Use of Biomass for Energy Generation**. 2016.

GOMES, M. A. OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS GORDUROSOS OBTIDOS. **Dissertação (Mestre em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Conversão de Biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.**, 2010.

GONÇALVES, A.; SOARES, J.; BRASIL, A. N.; NUNES, D. L. **DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ DE ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. 2009.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Ciênc. Agrár. Ambient**, , n. 1, p. 103–112, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/viewFile/10562/9959>>. Acesso em: 7/7/2018.

GUIMARÃES, K. G. **TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE GERGELIM EM UM PROCESSO BATELADA USANDO ETANOL SUPERCRÍTICO**. 2019.

JOHNSON, M. B.; WEN, Z. Production of Biodiesel Fuel from the Microalga *Schizochytrium limacinum* by Direct Transesterification of Algal Biomass. **Energy & Fuels**, v. 23, n. 10, p. 5179–5183, 2009. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ef900704h>>. Acesso em: 15/1/2020.

JORGE, N. **Determinações Físico-Químicas do Óleo de Soja e da Gordura Vegetal Hidrogenada Durante o Processo de Fritura**. 2003.

JORGE, N.; BELLEI PRAZERES SOARES, B.; MARTINS LUNARDI CASSIA ROBERTA MALACRIDA, V. **ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS DE GIRASSOL, MILHO E SOJA EM FRITURAS**. 2005.

JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 149–156, 2012.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. VAN; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. 2005.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **estudos avançados**, v. 24, n. 68, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/17.pdf>>. Acesso em: 19/6/2018.

LAGO, R. C. A.; PEREIRA, D. A.; SIQUEIRA, F. A. R.; SZPIZ, R. R. Estudo preliminar das sementes e do óleo de cinco espécies da amazônia. , v. 17, p. 369–376, 1986.

LARISSA DE MORAIS, A.; CHRISTIANI, G.; CESTARI, A.; FLUMIGNAN, D. L. **CARACTERIZAÇÃO DA IDENTIDADE E CONTROLE DA QUALIDADE DE ÓLEO VEGETAL, MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. 2012.

LIMA FILHO, L. R.; GOUVEIA, L. G. T.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. REVISÃO: BIODIESEL – GASES EMITIDOS, PRODUÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, 2017. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7621/2/RevisaoBiodieselGasesEmitidos.pdf>>. Acesso em: 19/6/2018.

LOPES, A. P. **PURIFICAÇÃO DA GLICERINA RESIDUAL DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. 2012.

MELO, M. A. M. F. Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel. **Dissertação (Mestrado em Química)**, p. 114, 2010. Disponível em: <http://quimica.ufpb.br/posgrad/dissertacoes/Dissertacao_Maria_Andrea_Mendes_Formiga_Melo.pdf>. .

MENDES, P. J.; YADA, M. M. Produção de Biodiesel do Fruto da Cutieira (JOANNESIA PRINCEPS VELL). **Interface Tecnológica**, 2018.

MORAIS, A. L. DE; CHRISTIANI, G.; CESTARI, A.; FLUMIGNAN, D. L. **CARACTERIZAÇÃO DA IDENTIDADE E CONTROLE DA QUALIDADE DE ÓLEO VEGETAL, MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.** 2012.

MORETTO, E. .; FETT, R. .; GONZAGA, L. V. .; KUSKOSKI, E. M. Introdução à ciência de alimentos. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000126&pid=S0006-8705200900020001500024&lng=pt>. Acesso em: 10/2/2020.

MOURA, C. V. R. ; SILVA, B. C. ; CASTRO, A. G. ; et al. Caracterização Físico-Química de Óleos Vegetais de Oleaginosas Adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com Potenciais para Produção de Biodiesel. , 2019. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br>>. Acesso em: 5/2/2020.

NGASSAPA, F.; NYANDORO, S.; MWAISAKA, T. Effects of Temperature on the Physicochemical Properties of Traditionally Processed Vegetable Oils and their Blends. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/tjs/article/view/100188>>. Acesso em: 10/2/2020.

NOGUEIRA, A. R. Avaliação do desempenho ambiental de biodiesel produzido a partir de gordura animal segundo diferentes abordagens para situações de multifuncionalidade. , 2018. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-14032018-151811/en.php>>. Acesso em: 19/6/2018.

NOVI, J. C. **Análise das alternativas de destinação do glicerol realizadas por produtores de biodiesel: proposta de contribuição no âmbito das medidas compensatórias e mitigadoras**, 12. set. 2017. Ribeirão Preto: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-08082017-171316/>>. Acesso em: 24/8/2018.

NUNES, S. P. Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil. **Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais**, 2007. Disponível em: <www.fas.usda.gov>. Acesso em: 9/7/2018.

OLIVEIRA, C. DE J. DE; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; MEIER, T. R. W.; TELEKEN, J. G. COMPARAÇÃO DA VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE PERÓXIDO E MASSA ESPECÍFICA DAS MISTURAS DE ÉSTERES A PARTIR DO ÓLEO DE PEQUI APÓS DIFERENTES TEMPOS DE FRITURA. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

OLIVEIRA, L. P. **ESTUDO DE OLEAGINOSAS ALTERNATIVAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL E BIO-ÓLEO.** 2018.

OLIVEIRA, L. Z. DE; CESARINO, F.; MORO, F. V.; PANTOJA, T. DE F.; SILVA, B. M. DA S. E. **Morfologia do fruto, da semente, germinação e plântula de Pachira aquatica Aubl. (Bombacaceae).** Porto Alegre, 2007.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. **PRODUÇÃO DE BIODIESEL E ÓLEO VEGETAL**

NO BRASIL: REALIDADE E DESAFIO. [Universidade Federal de Lavras, Departamento de Administração e Economia], 2011.

PATIL, P. D.; DENG, S. Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils. **Fuel**, v. 88, n. 7, p. 1302–1306, 2009. Elsevier BV. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016236109000155>>. Acesso em: 13/2/2020.

PINHEIRO, A. A. Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos por soja, girassol médio oleico e coco sob elevadas temperaturas. Disponível em: <<https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=5630061100270850180860810971050681101020130670920700871260021091000170950770781261130991221160020190250280020811071140180880691260320130320390920011211230290810000950570390030910641230721270161040751211090720080>>. Acesso em: 27/1/2020.

RADUNZ, M.; HACKBART, H. C. DOS S.; RIBAS, B. L. P.; et al. AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÓLEOS EXÓTICOS. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa - congrega urcamp - 2017**, v. 0, n. 0, p. 367–382, 2018. Disponível em: <<http://trabalhos.congrega.urcamp.edu.br/index.php/14jpgp/article/view/2031>>. Acesso em: 27/1/2020.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2–15, 2013. Disponível em: <<http://www.uff.br/rvq>>. Acesso em: 10/5/2019.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações. **Revista Analytica**, v. 27, p. 60–67, 2007.

RODELLI, M. C. **PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DA TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEO DE PALMA.** 2016.

SANTOS, G. M. DOS; DE BRITO, M.; SOUSA, P. V. D. L.; BARROS, N. V. DOS A. **DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ EM ÓLEOS DE SOJA COMERCIALIZADOS EM SUPERMERCADOS VAREJISTAS DETERMINATION OF THE ACIDITY INDEX IN SOYBEAN OILS MARKETED IN RETAILER SUPERMARKETS.** 2017.

SEBASTIÃO, J.; VIEIRA, C.; SOUSA, T. L.; et al. ESTERIFICAÇÃO E TRANSESTERIFICAÇÃO HOMOGÊNEA DE ÓLEOS VEGETAIS CONTENDO ALTO TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES. **Quim. Nova**, v. 41, n. 1, p. 10–16, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170148>>. Acesso em: 6/2/2020.

SEBRAE, S. B. DE A. ÀS M. E P. E. BIODIESEL. , 2007. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7tn102wx5ok05vadr1szzvy3n.pdf>. Acesso em: 19/6/2018.

SILVA, B. D. L. D. A. CARACTERIZAÇÃO LIPÍDICA E PROTÉICA DAS AMÊNDOAS DA. , p. 85, 2008. Disponível em:

<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp073252.pdf>>. Acesso em: 29/6/2018.

SILVA, B. D. L. D. A. **CARACTERIZAÇÃO LIPÍDICA E PROTÉICA DAS AMÊNDOAS DA MUNGUBA (*Pachira aquatica* Aubl.)**, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp073252.pdf>>. Acesso em: 29/6/2018.

SILVA, B. D. L. D. A.; AZEVEDO, C. C. DE; AZEVEDO, F. D. L. A. A. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS DE AMÊNDOAS DA MUNGUBA (*Pachira aquatica* Aubl.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 193–200, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452015000100193&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 29/6/2018.

SILVA, C. L. M. **Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol**. 2005.

SILVA, M. A. A.; BORGES, A. T. D.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; et al. DEVELOPMENT OF AN ASSAY FOR QUALITATIVE ANALYSIS OF BIODIESEL IN DIESEL-BIODIESEL BLENDS TO BE APPLIED IN PETROL STATIONS. **Química Nova**, v. 39, n. 1, p. 100–103, 2015. SBQ. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0100-4042.20150165>>. Acesso em: 19/4/2018.

SOUZA, T. S. Estudo da Transesterificação Metílica do Óleo da Cutieira (*joannesia Princeps* Vell.) e da Munguba (*pachira Aquatica* Aubl.) em Meio Alcalino. , 2008. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/4643>>. Acesso em: 23/8/2018.

Souza, V.C.; Lorenzi, H. 2012. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 2012, 768p.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P. **70º ANIVERSÁRIO DO BIODIESEL EM 2007: EVOLUÇÃO HISTÓRICA E SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL #**. 2007.

SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 768–775, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a20v32n3.pdf>>. Acesso em: 19/6/2018.

VARÃO, L. H. R.; SILVA, T. A. L.; ZAMORA, H. D. Z.; PASQUINI, D. **VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO SEBO BOVINO ENQUANTO MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE BIODIESEL**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2017.

VARGAS, L. H.; LANA, R. D. P.; JHAM, G. N.; et al. Adição de Lipídios na Ração de Vacas Leiteiras: Parâmetros Fermentativos Ruminais , Produção e Composição do Leite. , v. 2002, p. 522–529, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n1s0/10335.pdf>>. Acesso em: 8/7/2019.