

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MARCELL LUIZ RIBEIRO BARBOSA

**REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO DE COZINHA PARA PRODUÇÃO DE
SABÃO E BIODIESEL**

Maceió

2020

MARCELL LUIZ RIBEIRO BARBOSA

**REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO DE COZINHA PARA PRODUÇÃO DE
SABÃO E BIODIESEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Jorge José de Brito Silva.
Coorientadora: Prof^a. Dra. Dayana de Gusmão Coelho.

Maceió

2020

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

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

B238r Barbosa, Marcell Luiz Ribeiro.
 Reaproveitamento de óleo de cozinha para produção de sabão e biodiesel /
 Marcell Luiz Ribeiro Barbosa. – 2020.
 37 f. il. : figs. ; tabs. color.

 Orientador: Jorge José de Brito Silva.
 Co-orientadora: Dayana de Gusmão Coelho.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química)
 – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2020.

 Bibliografia: f. 34-37.

 1. Biocombustíveis. 2. Óleos vegetais como biocombustível. 3. Sabão. I.
 Título.

CDU: 665.75

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELL LUIZ RIBEIRO BARBOSA

REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO DE COZINHA PARA PRODUÇÃO DE SABÃO E BIODIESEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.



Jorge José de Brito Silva
PROF. ASSOCIADO CTEC - UFAL
SIAPE 1315227

Prof, Dr. Jorge José de Brito Silva

Prof.^a Dr.^a Dayana de Gusmão Coelho

Banca Examinadora:



Prof.^a Dr.^a Renata Maria Rosas Garcia Almeida



Prof.^a Dr.^a Soraya Lira Alencar

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo de identificar e conscientizar sobre o descarte do óleo vegetal na comunidade acadêmica e sua vizinhança, reciclando-o e produzindo sabão e biocombustível. Dessa forma, foram apresentados os resultados obtidos de uma pesquisa de campo, com a aplicação do instrumento (questionário), em 7 restaurantes nas proximidades da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a fim de identificar a viabilidade da reciclagem do óleo, através da caracterização do mesmo, para avaliar seus componentes e analisar suas propriedades físico-químicas e organolépticas. O óleo de fritura passou primeiramente por um tratamento para remoção de impurezas. Em seguida, foi caracterizado, onde foi analisada sua densidade, umidade, ponto de congelamento, índices de acidez e saponificação e viscosidade. Foi, então, realizada a produção de biodiesel, utilizando-se dos mesmos parâmetros de avaliação citados anteriormente e de sabão, avaliando suas características organolépticas, pH, formação de espuma, resistência à água e perda de massa. Sendo assim, este estudo indicou que é possível não só dar uma destinação adequada a uma substância poluente, mas transformá-lo em um produto de elevado valor agregado, de grande utilidade e muito menos lesivo ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Biocombustível. Óleo vegetal. Sabão.

ABSTRACT

This academic work intend to identify and make people aware about the disposal of vegetable oil on the academic community and it's neighborhood, recycling and producing soap and biofuel. Therefore, results obtained from field research were explained, applying the tool (questionnaire), at 7 restaurants and snack bars nears to Universidade Federal de Alagoas (UFAL), to identify the viability of recycling oil, through it's characterization, to evaluate it's components and analyze it's physico-chemical properties and organoleptics. The frying oil first passed treatment to remove impurities. Thereafter, it was characterized, analyzing it's density, humidity, freezing point, acidity and saponification levels and viscosity. Then, biofuel was produced, using the same evaluation parameters previously mentioned to verify it's quality and also produced soap, attesting it's organoleptics characteristics, pH, foaming, water resistance and weight loss. Therefore, this study indicated that it is possible not only to give a proper destination a pollutant substance, but to turn it into a high value product, very useful and much less prejudicial to the environment.

Keywords: Biofuel. Vegetable oil. Soap.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição química dos triglicerídeos.....	15
Figura 2 - Reação de saponificação	17
Figura 3 - Etapas da reação de transesterificação.	18
Figura 4 - Reação paralela durante a transesterificação em meio alcalino.	19
Figura 5 - Processo de obtenção de biodiesel a partir da reação de transesterificação etílica do óleo residual de fritura.....	20
Figura 6 - Medidor de densidade portátil	22
Figura 7 - Reator do biodiesel	28
Figura 8 - Funil de decantação do biodiesel.....	29

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1</u> - Análise da densidade do óleo de fritura.....	31
<u>Tabela 2</u> - Análise do índice de acidez do óleo de fritura	32
<u>Tabela 3</u> - Análise do índice de saponificação.....	32
<u>Tabela 4</u> - Análise da umidade do óleo de fritura.....	33
<u>Tabela 5</u> - Análise da Viscosidade do óleo de fritura	33

LISTA DE SIMBOLOS

t = tempo

ν = viscosidade cinemática

f_c = fator de correção

M = molaridade

m = massa

N = normalidade

K = constante do viscosímetro

d = densidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Óleo Vegetal	15
3.2 Produção de Sabão	16
3.3 Produção de Biodiesel	18
4 METODOLOGIA	20
4.1 Coleta e questionário	21
4.2 Caracterização do óleo	21
4.2.1 Densidade	21
4.2.2 Ponto de Congelamento.....	22
4.2.3 Índice de Acidez.....	23
4.2.4 Índice de Saponificação	23
4.2.5 Umidade.....	24
4.2.6 Viscosidade Cinemática	24
4.3 Produção de Sabão	25
4.3.1 Ensaios organolépticos	26
4.3.2 pH.....	26
4.3.3 Formação de espuma	26
4.3.4 Resistência à água	27
4.3.5 Perda de massa	27
4.4 Produção de Biodiesel	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem extremamente valioso para qualquer ser vivo e sua demanda é cada vez maior devido aos processos industriais e ao aumento do consumo, cujo crescimento populacional está estimado em 80 milhões de pessoas por ano, podendo chegar a 9,1 bilhões em 2050. Estima-se também que em 2030, as reservas hídricas do mundo poderão encolher em 40% (ONU, 2002).

Os processos de irrigação ineficientes, a alta demanda industrial, o elevado crescimento populacional, o desperdício de água pela população, assim como a sua poluição são motivos de preocupação.

De acordo com Sabesp (2020), o descarte incorreto do óleo vegetal pode poluir até 25 mil de litros de água e, ao ser lançado na pia, vaso sanitário ou ralo, o mesmo se acumula nas paredes dos canos retendo outros materiais que passam pelo local, causando entupimentos e encarecendo custos com a manutenção do sistema de esgoto. Além disso, Castellaneli et al. (2007), dizem que essas práticas podem ocasionar também a poluição do meio aquático, pois como o óleo é menos denso que a água e imiscível, permanecerá na superfície, criando assim uma camada que dificulta a entrada de luz e a troca de gases, trazendo prejuízos à vida aquática; A impermeabilização do solo, dificultando a água de chegar ao lençol freático e contribuindo para que ocorram enchentes caso esse óleo entre em contato direto e sem tratamento com o solo e o aumento do efeito estufa, pois sua decomposição acarreta na liberação de gás metano na atmosfera.

O consumo de óleos vegetais é bastante elevado no Brasil, chegando a 8,05 milhões de toneladas de óleo por ano (CANAL RURAL, 2015). Isso leva a um grande problema: como descartá-lo.

Dessa forma, tornou-se necessária a busca por alternativas para esse descarte e o recolhimento e sua reutilização é uma solução satisfatória. Após utilizado, o óleo de fritura pode ser transformado em matéria-prima para se produzir sabão, detergente, amaciante, biodiesel, resina de tintas, ração animal, lubrificantes e etc (VELOSO et al., 2012).

A produção do sabão reutilizando o óleo de fritura é uma maneira de trazer benefícios, pois dá uma vantagem competitiva e econômica àqueles que ajudam a evitar problemas ambientais, além de ser um processo relativamente simples.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Identificar e orientar sobre o descarte do óleo vegetal na comunidade acadêmica e sua vizinhança, reciclando-o e produzindo sabão e biocombustível.

2.2 Específicos

- Realizar o recolhimento de óleo vegetal utilizado que teria descarte incorreto;
- Caracterizar o óleo recolhido;
- Produzir sabão a partir desse óleo;
- Caracterizar o sabão produzido;
- Produzir biodiesel em laboratório a partir da reação de transesterificação;
- Caracterizar o biodiesel produzido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

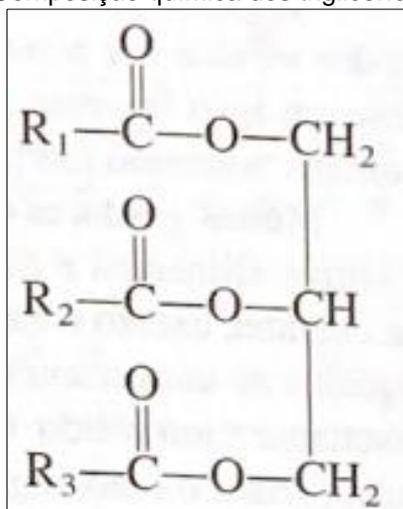
3.1 Óleo Vegetal

Os óleos e gorduras são extremamente importantes para o ser humano. Cerca de 25% a 50% das calorias ingeridas provêm dessas fontes e nos servem como reserva de energia, para isolamento térmico corporal e como camada protetora de certos órgãos vitais (PAVIA et al., 2009).

O químico francês Chevreul foi o primeiro a estudar a composição de óleos e gorduras entre os anos de 1810 e 1820, descobrindo que os mesmos são ésteres do glicerol, chamados de glicerídeos ou acil-gliceróis. Devido ao glicerol ter três grupos hidroxila, podem existir monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos. As gorduras e óleos são predominantemente triglicerídeos (PAVIA et al., 2009).

A Figura 1 abaixo mostra a composição dos triglicerídeos:

Figura 1 - Composição química dos triglicerídeos.



Fonte: Modificado de Pavia et al. (2009)

As gorduras (sólidas) são obtidas principalmente de fonte animal, enquanto os óleos (líquidos) são obtidos de fonte vegetal, o que significa que os óleos vegetais geralmente têm um grau de insaturação maior e pontos de fusão relativamente baixos (PAVIA et al., 2009). É importante esclarecer, contudo, que de acordo com a Resolução nº 270/2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a classificação de óleos e gorduras é definida pelo seu estado físico à determinada temperatura. As

substâncias que apresentarem forma líquida a 25°C serão classificadas como óleos; as que apresentarem forma sólida ou pastosa, serão gorduras.

As gorduras e óleos vegetais são usualmente encontrados em frutas e sementes e são extraídos principalmente por três métodos: prensagem a frio, prensagem a quente e extração com solvente. Na prensagem a frio, a parte apropriada da planta seca é colocada em uma prensa hidráulica e é espremida, dando um produto de boa qualidade. Na prensagem a quente, o método é o mesmo, porém a elevadas temperaturas, resultando na extração também de produtos indesejáveis. A extração com solvente tem o melhor rendimento a ponto de poder fornecer óleos comestíveis suaves de alta qualidade (PAVIA et al., 2009).

Essas gorduras e óleos são amplamente usados na cozinha para fritar carnes e diversos outros alimentos, além de ser utilizados em alimentos industrializados, como por exemplo pastas para sanduíches.

A quantidade de gordura na alimentação, especialmente a de gordura saturada, tem levado a uma preocupação com a saúde. Acredita-se que o excesso de gordura saturada na alimentação é um fator determinante no surgimento de doenças cardíacas, doenças pulmonares, de demência e do câncer (OLHAR DIRETO, 2018).

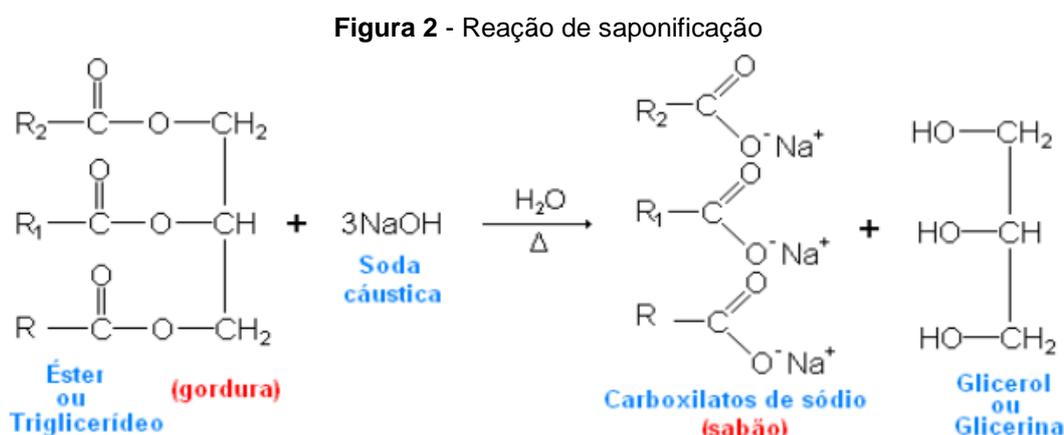
Outra preocupação deve-se ao seu descarte após utilização, pois possui um alto potencial de contaminação das águas devido à sua apolaridade, não sendo, portanto, diluído em água. Há uma vertente que aconselha o seu armazenamento em garrafas pets e descarte juntamente com o lixo comum, porém não é possível determinar se haverá ou não rompimento do recipiente e conseqüente contaminação do solo e do lençol freático. Desse modo, é recomendado sua reciclagem e reutilização, principalmente para produção de sabão e biodiesel.

3.2 Produção de sabão

Apesar de a fabricação de sabão praticamente não ter mudado em 2000 anos, ele era praticamente desconhecido antes do primeiro século d.C. As roupas eram lavadas pela ação abrasiva da raspagem em pedras na água. Depois de algum tempo que foi descoberto que certos tipos de folhas, raízes, nozes, frutos e cascas formam espumas que solubilizam e removem a sujeira da roupa. Isso não era um grande problema, uma vez que os microrganismos causadores de doenças foram

descobertos durante o século XVIII, pois a limpeza do corpo e das roupas não era considerada importante. O cheiro corporal era disfarçado com perfumes por aqueles que podiam pagar.

Para seu processo de produção, ocorre a hidrólise básica ou saponificação de uma gordura animal ou óleo vegetal (triglicerídeos). Dessa forma o óleo ou gordura será aquecido com uma solução alcalina. A solução alcalina hidrolisa a gordura ou óleo, decompondo em seus componentes, o sal de sódio do ácido carboxílico de cadeia longa (sabão) e o álcool (glicerol). Ao se adicionar o sal comum, o sabão precipita. Ele será então lavado para remoção do hidróxido de sódio que não reagiu e então será moldado. A Figura 2 mostra como o sabão se forma a partir de uma gordura ou óleo:



Fonte: Solomons (1996)

O comprimento da cadeia de hidrocarboneto e o número de ligações duplas da porção ácido carboxílico determinam as propriedades do sabão resultante. O sal de um ácido de cadeia longa saturada dá um sabão mais duro e insolúvel. O tamanho da cadeia também afeta a sua solubilidade.

É possível também adicionar perfumes e agentes medicinais nos sabões usados na higiene pessoal, injetar ar para que ele não afunde, adicionar abrasivos como areia fina ou pedra-pomes para se obter sabões de arear.

A desvantagem do sabão é que não funciona muito bem em água dura (água que contenha sais de magnésio, ferro e cálcio). Nessas condições, os sais insolúveis de cálcio dos ácidos graxos e outros precipitados do “sabão de cálcio” coagulam. Contudo, é muito eficiente em água mole e são biodegradáveis, ou seja,

microrganismos podem consumir as moléculas lineares do sabão e convertê-las em dióxido de carbono e água, eliminando-as do meio ambiente.

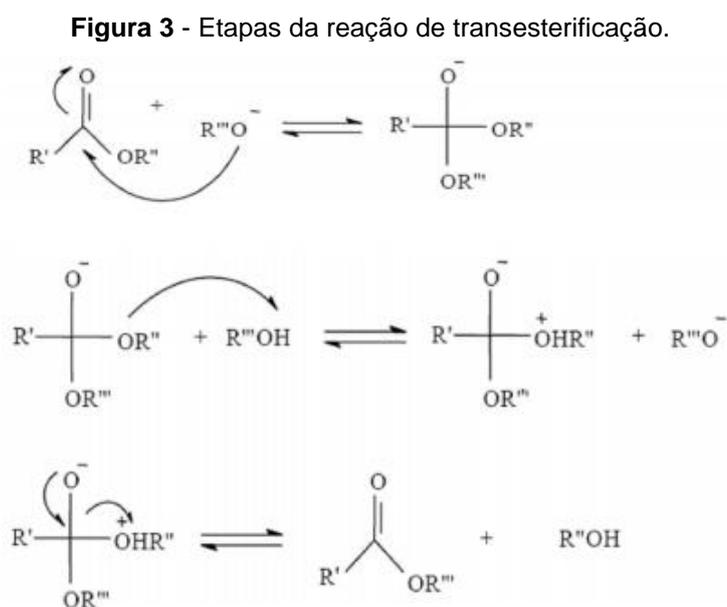
3.3 Produção de biodiesel

O biodiesel é constituído de uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos, obtido juntamente com a glicerina, pela reação de transesterificação de triglicerídeos com algum álcool de cadeia curta, comumente o etanol ou metanol, na presença de um catalisador ácido ou básico (AZEVEDO et al., 2013).

A utilização do óleo de frituras para produção de biodiesel apresenta as vantagens de não precisar ser realizada a extração do óleo, ser barato, uma vez que estará sendo reciclado e é ambientalmente benéfico, pois mitiga os impactos causados ao meio ambiente.

Para a produção do biodiesel, é utilizada a transesterificação do óleo previamente tratado com um álcool (em excesso para deslocar o equilíbrio para a direita, pois trata-se de uma reação reversível).

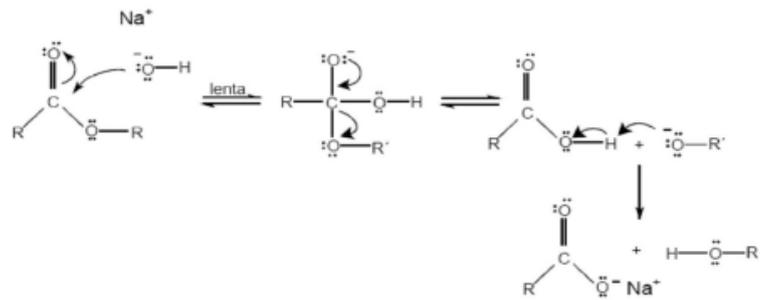
A reação de transesterificação ocorre em três etapas, conforme mostra a Figura 3:



Fonte: Solomons (1996)

Durante a reação de transesterificação em meio básico, pode haver uma reação paralela de saponificação, onde o éster é transformado em sal de ácido graxo (sabão), reduzindo assim o rendimento e dificultando a separação do glicerol, como mostra a Figura 4:

Figura 4 - Reação paralela durante a transesterificação em meio alcalino.

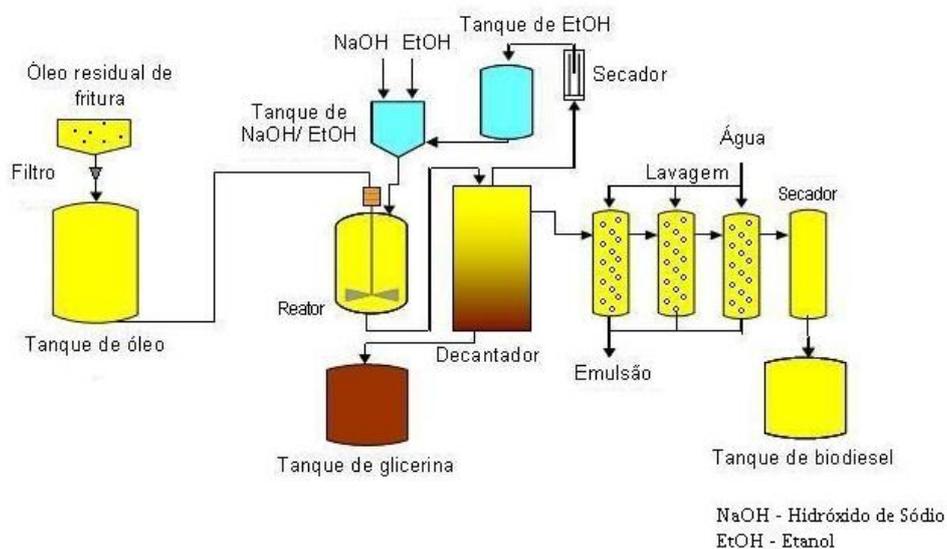


Fonte: Solomons (1996)

Transesterificação significa transformar o éster de uma forma para outra. Pode ser necessário o uso de algum catalisador para acelerar a reação e maximizar a produção dos ésteres desejados. Os catalisadores básicos utilizados são KOH, NaOH, metóxido de sódio, etc. Os catalisadores ácidos utilizados são ácido sulfúrico, ácido sulfônico, ácido clorídrico, etc. Vale ressaltar que o catalisador básico é muito mais rápido que o catalisador ácido para esse tipo de reação (DASH; LINGFA, 2017).

Na Figura 5 abaixo, é possível ver um esquema da produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura, constituído por etapas de pré-tratamento da matéria-prima, reação de transesterificação e purificação do biodiesel obtido.

Figura 5 - Processo de obtenção de biodiesel a partir da reação de transesterificação etílica do óleo residual de fritura.



Fonte: Modificado de Christoff (2006)

4 METODOLOGIA

O óleo de fritura coletado no Restaurante Universitário (RU), nas lanchonetes da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e na sua adjacência, cerca de 30 litros, foi utilizado como matéria prima, de maneira a ser suficiente para o experimento.

Uma vez que esse óleo se encontrava com uma coloração escura e com partículas sólidas em sua superfície, era possível deduzir que o mesmo fora reutilizado diversas vezes e que provavelmente continha diversas impurezas, como água, restos de alimentos, compostos polares e ácidos graxos livres. Portanto, primeiramente o óleo passou por processos de filtração utilizando uma bomba a vácuo no Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de processos (LASSOP) e secagem em uma estufa durante um período de 24h, para redução de partículas indesejadas durante o referido trabalho.

4.1 Coleta e questionário

Foram realizadas visitas a 7 (sete) estabelecimentos comerciais como lanchonetes e restaurantes na adjacência da Universidade Federal de Alagoas para saber da destinação final do óleo de fritura utilizado. Nessa visita foi feito o seguinte questionário:

- 1- Quantos litros de óleo são utilizados por mês?
- 2- O que é feito com o óleo utilizado?
- 3- Já descartou o óleo de fritura usado diretamente na pia?
- 4- Sabe quais os impactos que o óleo de cozinha causa se descartado de forma incorreta?

Em seguida foram recolhidos os óleos que seriam descartados de maneira incorreta e aconselhado o armazenamento em um recipiente como uma garrafa pet para ser entregue a alguma cooperativa capaz de reciclá-lo.

4.2 Caracterização do óleo

Após o procedimento descrito acima, foi realizada a caracterização do óleo, onde analisou-se a densidade, ponto de congelamento, índice de acidez, índice de saponificação, umidade e viscosidade cinemática.

4.2.1 Densidade

A densidade é a razão da massa pelo volume e é geralmente expressa em unidades de grama por mililitro (g/mL) ou grama por centímetro cúbico (g/cm³) (PAVIA et al., 2009).

A densidade é uma propriedade intensiva, ou seja, independe da quantidade de matéria. Ela pode ser utilizada para distinguir um material puro de um material impuro, pode ser utilizada na identificação e controle de qualidade de um determinado produto industrial, ou ser relacionada a concentração de soluções. É importante ressaltar que a temperatura pode afetar consideravelmente o valor da densidade, enquanto que a alteração de pressão tem que ser relativamente alta para interferir em seu valor (CÉSAR; PAOLI; ANDRADE, 2004).

A densidade relativa do óleo sofre alterações quando há mudança na concentração de ácidos graxos de modo que quanto menos ácidos graxos, menor sua densidade (UNIRIO, 2017).

Utilizou-se um medidor de densidade portátil digital, como mostra a Figura 6, para determinar a densidade, baseado na norma da American Society for Testing and Materials (ASTM) D7777, onde o óleo foi inserido e a variação da frequência de oscilação causada pela mudança na massa do tubo é usada em conjunto com dados de calibração para determinar a densidade (SILVA, 2018).

Foram feitas medições a 30°C, 40°C, 50°C e 60°C em triplicatas.

Figura 6 - Medidor de densidade portátil



Fonte: Silva (2018)

4.2.2 Ponto de Congelamento

Com a redução da temperatura, há uma pequena diminuição da energia cinética das moléculas. Dessa forma, haverá um ponto em que determinado líquido ira interagir suficientemente para formar um conjunto ordenado de moléculas e a formação do primeiro sólido e, a partir daí cristais maiores serão formados. A isso, dá-se o nome de ponto de congelamento.

Cerca de 10mL de óleo foi depositado em um tubo de ensaio juntamente com um termômetro e levados a um refrigerador para definir seu ponto de congelamento.

4.2.3 Índice de Acidez

O índice de acidez mede a quantidade de ácidos graxos livres em determinada amostra, provenientes da hidrólise dos triacilgliceróis, chamado de processo de decomposição que é acelerado pelo aquecimento ou exposição à luz, portanto, o teor de ácidos graxos livres é relacionado à qualidade do processo.

A realização do teste, que segue os parâmetros da ASTM D5555 (2017), consiste em determinar a massa de hidróxido de potássio necessária para neutralizar 1g da amostra. Para isso, em triplicata, foi pesado aproximadamente 2g do óleo em um erlenmeyer juntamente a 25mL de álcool etílico neutro e indicador fenolftaleína. Em seguida, foi realizada a titulação dessa amostra com NaOH (hidróxido de sódio) 0,01mol/L até que a amostra passou de incolor para a cor rosa e assim permaneceu. Foi anotado o volume gasto e realizados os cálculos para obtenção do índice de acidez de acordo com a Equação (1):

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{NaOH}} \cdot f_c \cdot 28,25}{m} \quad (1)$$

Onde,

Índice de acidez (%);

V_{NaOH} é o volume de NaOH utilizado na titulação (mL);

f_c é o fator de correção da solução de NaOH (adimensional);

M_{NaOH} é a molaridade de NaOH (mol/mL);

m é a massa da amostra (g).

28,25 é a massa molar do ácido oleico dividido por 10.

4.2.4 Índice de Saponificação

O índice de saponificação é a quantidade de álcali necessária para saponificar uma certa quantidade de amostra. Essa análise é expressa em miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessária para neutralizar e saponificar os ácidos graxos resultantes da hidrólise de 1g da amostra. É importante lembrar que quanto menor a massa molar do ácido graxo, maior será seu índice de saponificação (ARAUJO; SILVA; BATISTA, 2014).

Essa determinação foi realizada de acordo com a metodologia de ASTM D5558-95 (2011), onde foi pesado aproximadamente 6g de óleo e 150mL de solução alcoólica de KOH (4%). A solução foi homogeneizada, conectada ao condensador e aquecida durante 30 minutos a aproximadamente 70°C. Após o resfriamento da amostra, foi realizado um teste com a titulação do branco de ácido clorídrico 0,5M com KOH em solução alcoólica e, em seguida, a amostra foi titulada com ácido clorídrico 0,5M na presença de fenolftaleína como indicador.

O índice de saponificação do óleo foi obtido a partir da Equação (2):

$$\text{Índice de saponificação} = \frac{(V_b - V_a) \cdot f_c \cdot N}{m} \quad (2)$$

Onde,

V_a é o volume de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra (mL);

V_b é o volume de ácido clorídrico gasto na titulação do branco (mL);

f_c é o fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,5M (0,87);

N é a normalidade do KOH para HCl (19,9985 na relação de 1:0,5M);

m é a massa da amostra (g).

4.2.5 Umidade

A umidade presente na amostra pode levar ácidos graxos a produzirem sabão. Tanto a umidade de superfície, quanto a umidade adsorvida pode ser facilmente evaporada. Para essa análise, realizada em triplicata e atendendo a norma ASTM D6304 (2007), utilizou-se uma balança de umidade que fora previamente calibrada, pesado aproximadamente 2,5g de óleo, aquecido até a temperatura de 105°C e anotado sua massa final, teor de umidade e tempo.

4.2.6 Viscosidade Cinemática

Brunetti (2012) diz que a viscosidade do óleo é definida qualitativamente como a maior ou menor facilidade de escoamento do óleo. Essa propriedade mede a

resistência a uma deformação gradual provocada por uma tensão de cisalhamento ou de tração (MUNSON; YOUNG; OKIISHI, 2004).

As análises foram processadas no laboratório, utilizando aparelhos específicos e atendendo à norma da ASTM D445 (2006), a qual se enquadra a Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A referida norma estabelece um procedimento específico para a determinação da viscosidade cinemática, ν , de produtos líquidos de petróleo, tanto transparentes quanto opacos, pela medição do tempo de escoamento de um determinado volume de líquido que flui sob a ação da força de gravidade, através de um viscosímetro capilar de vidro calibrado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

O banho com o termostato foi ligado a uma determinada temperatura e, ao estabilizar-se, o viscosímetro de Ostwald foi imerso. Cerca de 8mL de óleo de fritura foi inserido no viscosímetro e pipetado pela outra entrada (entrada maior) até alcançar o menisco superior. Nesse momento o cronômetro foi acionado e finalizado ao passar pelo menisco inferior. O experimento foi realizado a temperaturas de 30°C, 40°C, 50°C e 60°C e em triplicatas.

A viscosidade foi encontrada através da Equação (3):

$$\nu = K \cdot t \quad (3)$$

Onde

ν = viscosidade cinemática (mm²/s)

K = constante do viscosímetro (para o viscosímetro em questão, K = 0,08902 (mm²/s²))

t = tempo (s).

4.3 Produção de sabão

Foram produzidos sabões artesanais provenientes de óleos de fritura usados pelo R.U. e restaurantes/lanchonetes adjacentes e coletados. Para isso, foi realizado um tratamento do referido óleo e misturado na proporção de 1000mL de óleo (796,25g), 140mL de água e 135g de NaOH (99%). Dessa maneira, dissolveu-se o NaOH em água e adicionou-se o óleo em um processo a frio (cold process), técnica

na qual a mistura do óleo com solução alcalina em proporções equivalentes sem fornecimento de calor (MOTTA, 2007). A solução foi agitada durante cerca de 40 minutos, onde foi observado a liberação de energia em forma de calor. Também foi adicionado 5,6g de álcool em uma das amostras e em outras duas, o mesmo foi substituído por 10mL de uma essência qualquer. Após a reação de saponificação, o produto foi disposto em uma bandeja de alumínio e nela permaneceu por um período de cerca de 48 horas. Foram então realizados testes para a avaliação do sabão produzido.

4.3.1 Ensaios organolépticos:

Primeiramente foi verificado o aspecto macroscópico da amostra, utilizando-se de uma amostra de referência. Então foi avaliada sua cor de maneira visual. E por último, o odor foi analisado.

4.3.2 pH

Foi pesado 1g de sabão produzido em um béquer, mediu-se 100mL de água destilada em uma proveta e transferida ao béquer e agitou-se até completa dissolução. Com um pHmetro foi efetuada a leitura.

4.3.3 Formação de espuma

Foi pesado 1g de sabão em um béquer e adicionado 100mL de água destilada. Então 50mL de solução foi transferida a uma proveta de 250mL. A proveta foi tampada e invertida 10 vezes para agitação. Ao seu término, a altura máxima da espuma formada foi anotada. Em seguida, cronometrou-se 2 minutos e anotou-se novamente a altura da espuma, repetindo-se mais uma vez. Por fim foi subtraído o volume total (com a espuma) pelo volume inicial de 250mL.

4.3.4 Resistência à água

Uma amostra de cada sabão produzido foi pesada e imersa em um béquer contendo 250mL de água destilada pelo período de 24 horas a temperatura ambiente. Após retirada, foi colocada em repouso para escoamento do excesso de água. As amostras foram pesadas novamente para cálculo do teor de água absorvido.

4.3.5 Perda de massa

Após realização do teste de resistência a água, a parte amolecida do sabão foi removida e mantida apenas a parte rígida. O sabão foi novamente pesado e anotada a sua nova massa.

4.4 Produção de biodiesel

Para a produção do biodiesel, seguindo a metodologia de Peiter (2013), foi pesado 800g de óleo de fritura anteriormente tratado. Então foi preparada uma solução com 416,3g de etanol (utilizando excesso de álcool para deslocar a reação no sentido de produção do biodiesel) e 1,5% da massa de óleo de NaOH, ou seja, 12g, como catalisador da reação. Considerando a massa molar do óleo de soja refinado 875 g/mol e do etanol 46g/mol, temos a proporção de óleo álcool em 1:10.

A reação aconteceu em um reator em batelada com capacidade de aproximadamente 2L, encamisado a uma rotação de 350rpm, mostrado na Figura 7. Primeiro o óleo foi adicionado ao reator, a temperatura foi ajustada em 70°C e, após atingida, foi adicionada a solução contendo NaOH e etanol. A reação durou 30 minutos e foram retiradas alíquotas que foram armazenadas em tubos de ensaio no instante de tempo de 30s, 1min, 1min 30 s, 2min, 3min, 4min, 5min, 10min, 20min e 30min com o intuito de realizar medições da conversão ao longo do tempo. Nesses tubos de ensaio, foi previamente adicionado 2,5mL de ácido sulfúrico 1:1000 para que, ao adicionar 10mL da amostra de cada tempo a ser analisado, a reação que ali ocorria, fosse interrompida.

Figura 7 - Reator do biodiesel



Fonte: Silva (2018)

Após finalizada a reação, o biodiesel foi armazenado em um funil de decantação, representado na Figura 8, onde foi separado o biodiesel da glicerina. O biodiesel foi então lavado e purificado para retirada de impurezas como restos do próprio glicerol, etanol e sabão que podiam estar presentes e adicionado um agente secante, o sulfato de magnésio, para remover a úmida nele presente.

Figura 8 - Funil de decantação do biodiesel



Fonte: DIB (2010)

A cromatografia gasosa com detector por ionização em chama (CG/DIC) com padronização interna e quantificação com calibração por um ponto seria a técnica utilizada para a obtenção do rendimento da reação, onde o heptadecanoato de metila é o padrão interno, quantificando os ésteres graxos metílicos com cadeias de 14 a 24 carbonos, saturados ou insaturados (MARQUES et al., 2010).

Para preparar a solução que seria levada para realizar a cromatografia, primeiramente foi adicionada água a um béquer e a saturamos com NaCl. Foi transferido 5mL de biodiesel e 5mL de água saturada com NaCl para outro tubo de ensaio e agitado. Adicionou-se então 5mL de hexano e agitou-se. Após esperada a decantação e separação de fases, foi retirado a fase biodiesel com hexano e transferido para um béquer que permaneceu em uma capela até completa evaporação do hexano, restando apenas biodiesel. Em seguida, foi pesado 250mg de biodiesel em um balão volumétrico de 10mL e preenchido até o menisco com n-heptano. Foi pipetado então 50 μ L para um balão volumétrico de 1mL juntamente com mais 50 μ L de metil heptadecanoato. Repetiu-se o procedimento para todas as amostras de intervalo de tempo desejadas. Por fim, 1 μ L foi transferido para um frasco específico e então foi injetado no cromatógrafo.

Por fim, de maneira similar ao feito com o óleo de fritura, foram realizadas análises de viscosidade, densidade e umidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foram feitas as visitas aos estabelecimentos comerciais (lanchonetes e restaurantes) e realizado o seguinte questionário:

- 1- Quantos litros de óleo são utilizados por mês?
- 2- O que é feito com o óleo utilizado?
- 3- Já descartou o óleo de fritura usado diretamente na pia?
- 4- Sabe quais os impactos que o óleo de cozinha causa se descartado de forma incorreta?

Para melhor visualização, as respostas foram representadas no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Questionário

Restaurante	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3	Pergunta 4
1	17 L	Armazenado	Não	Sim
2	65 L	Armazenado	Não	Sim
3	110 L	Armazenado	Não	Sim
4	72 L	Lixo	Sim	Não
5	35 L	Lixo	Não	Não
6	28 L	Descarte na pia	Sim	Não
7	60 L	Armazenado	Sim	Sim

Fonte: Autor (2019)

Dessa forma, podemos observar que há estabelecimentos que realizam descarte incorreto de óleo de fritura. A Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento - AESBE (2020), diz que tanto o descarte no lixo, quanto o despejo na pia trazem prejuízos ao meio ambiente e, portanto, o modo correto de descartá-lo é armazenar em garrafas pets e entregar em pontos de coleta na cidade. Àqueles que

realizam o descarte de maneira incorreta, foi indicado pontos de coleta, como a COOPVILA e a COOPREL, onde é apenas necessário agendar a coleta via telefone.

Não foi possível realizar a coleta do óleo, pois os restaurantes que não davam destino correto ao mesmo também não o armazenava e os demais não tinham quantidade significativa, pois era início de semana, portanto o óleo utilizado na pesquisa foi o do próprio R.U.

Uma vez que o óleo de fritura utilizado apresentava diversas impurezas, foi realizado um pré-tratamento, como descrito na metodologia e, em seguida, a sua caracterização, onde obtivemos os dados da densidade dispostos na Tabela 1:

Tabela 1 - Análise da densidade do óleo de fritura

Temperatura (°C)	Densidade			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
30	0,9137	0,9135	0,9138	0,9137
40	0,9089	0,9089	0,9088	0,9089
50	0,9014	0,9010	0,9015	0,9037
60	0,8780	0,8842	0,8876	0,8833

Fonte: Autor (2019)

Segundo o Regulamento Técnico para Fixação e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais da ANVISA, a densidade do óleo vegetal deve estar entre 0,918 e 0,926 a 20°C, assim verificamos que o valor obtido condiz com o da literatura (BRASIL 1999). Além disso, comparamos com o trabalho de Silva (2010), cujo valor da densidade a 20°C observado foi em média de 920,2; de acordo com o estudo realizado por Peiter (2013) a 25°C foi 0,916 e o de Silva (2018), a 30°C, foi 0,9132.

O ponto de congelamento foi observado quando o termômetro marcou uma temperatura de -7,9°C. Enquanto no trabalho de Peiter (2013) foi medido até a temperatura de -8°C e não foi observado.

Os dados para obtenção do índice de acidez encontram-se dispostos na Tabela 2:

Tabela 2 - Análise do índice de acidez do óleo de fritura

Amostra	m(óleo) (g)	V(NaOH) (mL)	Índice de acidez (%)	Média (%)
1	2,0045	3,4	0,2380	
2	2,0032	3,3	0,2101	0,2195
3	2,0023	3,3	0,2102	

Fonte: Autor (2019)

Podemos verificar que o índice de acidez do óleo de fritura utilizado encontra-se dentro do parâmetro literal, uma vez que a Resolução nº 270/2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária permite até um valor inferior a 0,3% (BRASIL, 2005). Os valores obtidos por Peiter (2013) foram 0,16 e os de Silva (2018), foram de 1,4.

O índice de saponificação está exposto na Tabela 3:

Tabela 3 - Análise do índice de saponificação

Amostra	V_b (mL)	V_a (mL)	f_c	N	m (g)	Índice de saponificação (mg de KOH)	Índice médio (mg de KOH)
1	71,2	24,2			5,0002	163,5412	
2		24,3	0,87	19,9985	5,0005	163,1834	162,3749
3		25,1			5,0004	160,4000	

Fonte: Autor (2019)

É possível notar que o índice de saponificação deu um pouco abaixo, pois de acordo com a resolução nº 482/1999, da Agência nacional de Vigilância Sanitária, o valor permitido seria de 189 a 198mg de KOH (BRASIL, 1999). Foi observado que Peiter (2013) obteve, para o índice de saponificação, o resultado de 180.

Ao utilizar o medidor de umidade ID-50, com fonte de calor infravermelho, obtivemos a secagem da amostra e anotamos os dados observados na Tabela 4:

Tabela 4 - Análise da umidade do óleo de fritura

Amostra	m_i (g)	m_f (g)	Umidade (%)	Tempo (s)
1	2,509	2,493	0,6	181,27
2	2,509	2,498	0,32	180,57
3	2,506	2,493	0,42	175,29
Média	2,508	2,495	0,45	179,04

Fonte: Autor (2019)

De acordo com a Codex Alimentarius (1981), o teor máximo de “impurezas insolúveis”, como é o caso da água, é de 0,05%. Portanto o valor médio obtido de 0,45% está bastante acima do aceitável. Peiter (2013) encontrou 0,068% de umidade em seus experimentos, enquanto Silva (2018) encontrou 0,59%.

Logo abaixo temos a Tabela 5, que nos mostra o comportamento da viscosidade do óleo de fritura com relação ao aumento da temperatura:

Tabela 5 - Análise da Viscosidade do óleo de fritura

Temperatura (°C)	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		u médio (mm²/s)
	t (s)	u (mm²/s)	t (s)	u (mm²/s)	t (s)	u (mm²/s)	
30	525,30	46,7622	528,29	47,0284	526,65	46,8824	46,8910
40	369,61	32,9027	371,12	33,0371	372,56	33,1653	33,0350
50	272,63	24,2695	272,76	24,2811	272,43	24,2517	24,2674
60	206,66	18,3969	207,20	17,4449	207,96	18,5126	18,1181

Fonte: Autor (2019)

Silva (2010) encontrou uma viscosidade média de 38,64 (mm²/s); Peiter (2013) 39,01 e Silva (2018) 31,6434.

A etapa de produção de sabão nos deu 3 produtos com aspectos similares. Contudo, é necessário avaliar certos parâmetros, uma vez que eles garantem a qualidade e segurança do produto, de outra maneira, pode haver risco à segurança e saúde das pessoas que tiverem contato com ele.

Os sabões, em geral, tiveram tamanhos irregulares, uma vez que foram produzidos de modo totalmente artesanal, com consistência rígida e poucas rachaduras em sua superfície e cor amarelada. No sabão que se utilizou álcool, seu odor foi neutro (característico) e nos demais, predominou o odor da essência usada.

Quanto ao pH, no primeiro sabão tivemos um valor de 8,98 e nos demais 9,14 e 9,20. Dessa forma, constatamos que se encontra dentro das especificações, uma vez que a ANVISA determina o pH entre 2 e 11,5 (BRASIL, 2001). Caobianco (2015) obteve pH entre 9,67 e 10,83 em seus sabões produzidos em condições similares.

O teste de formação de espuma é expresso na Tabela 6:

Tabela 6 - Altura da espuma

Tempo (s)	Altura da espuma da amostra 1 (cm)	Altura da espuma da amostra 2 (cm)	Altura da espuma da amostra 3 (cm)
0	3,12	3,04	2,99
2	1,95	2,89	2,79
4	1,86	2,81	2,67

Fonte: Autor (2019)

As amostras apresentaram bons resultados de formação de espuma e uma boa consistência, uma vez que a variação da espuma foi inferior a 0.5cm ao fim do experimento.

De acordo com Moraes (2007), os sabões absorvem água, levando à formação de uma pasta gelatinosa e isso influencia na sua durabilidade, pois ocasiona perdas de massa. Esse comportamento é descrito na Tabela 7:

Tabela 7 - Resistência à água

Amostra	Massa inicial (g)	Massa inicial + água (g)	Água absorvida (g)	Água absorvida (%)
1	170,48	181,14	10,66	6,25
2	155,42	166,79	11,37	7,31
3	168,33	179,01	10,68	6,34

Fonte: Autor (2019)

Dessa forma, observamos que há uma absorção elevada de água, o que leva a uma maior tendência de desgaste acelerado. Em seguida, a massa gelatinosa foi removida, o que conferiu as seguintes propriedades demonstradas na Tabela 8:

Tabela 8 - Perda de massa do sabão

Amostra	Massa inicial + água (g)	Massa final (g)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
1	181,14	139,23	41,91	23,14
2	166,79	123,08	43,71	26,21
3	179,01	125,90	53,11	29,67

Fonte: Autor (2019)

Caobianco (2015) obteve uma média de perda de massa de 21,84% em seus sabões, contudo, houve amostras em que houve perdas de até 92,14%.

O biodiesel produzido apresentou uma viscosidade $\nu = 4,8952$ (mm²/s) a 40°C; o de Silva (2010) apresentou valor de 5,385; o de Peiter (2013) 5,0625 e o de Silva (2018) foi de 4,2807. Sua densidade foi $d = 0,8539$ (d/cm³); o de Silva (2010) foi 0,8848; o de Peiter (2013) 0,8734 e o de Silva (2018) 0,8847. Por fim, a umidade encontrada foi de 0,12%; o de Peiter (2013) foi de 0,1 e o de Silva (2018) foi 0,07. Uma vez que a ANP, via resolução nº 45/2014 regula que a viscosidade deve estar entre 3,0 e 6,0, a densidade entre 0,85 e 0,9 e a umidade abaixo de 0,02%, podemos afirmar que apenas a umidade não está de acordo com a legislação (BRASIL, 2014). Isso provavelmente ocorreu por causa de uma secagem, após lavagem do biodiesel, ineficiente.

Não foi possível obter o rendimento da reação em cada ponto, pois ao inserir a amostra no cromatógrafo, o mesmo não mostrava um perfil coerente, mesmo aplicando diferentes metodologias para a inserção e manuseio do equipamento. Após diversos testes, verificou-se que o problema estava na solução padrão, que estava contaminada. Ao ser inserida em todos os frascos de cada tempo, todas as amostras também foram contaminadas. Também não foi possível realizar a análise apenas no ponto final, pois não havia outra solução padrão disponível.

6 CONCLUSÃO

O consumo de óleo vegetal expande-se e, devido ao seu elevado potencial de poluição, faz-se necessário dar uma destinação com o menor impacto ambiental possível.

Este estudo possibilitou a compreensão de que é possível realizar a reciclagem do óleo de fritura de diversas formas. Neste trabalho demos enfoque à produção de sabão e biodiesel como medidas para reduzir a poluição ambiental advinda do descarte incorreto do óleo de fritura.

Com o entendimento sobre a caracterização do óleo de fritura e os testes laboratoriais realizados, pudemos analisar as propriedades e a qualidade do sabão e do biodiesel, de forma detalhada, para averiguar na prática a possibilidade de aproveitamento sustentável na produção destes citados.

Em suma, os resultados obtidos demonstraram que o sabão é um produto simples de se produzir, mesmo artesanalmente e tem diversas utilidades, tanto em residências, quanto em estabelecimentos comerciais. O biodiesel também pode ser sintetizado, tornando-se assim outra alternativa para destinação de um resíduo lesivo, gerando um produto de valor comercial atrativo que é uma fonte de energia mais limpa que o combustível fóssil.

REFERÊNCIAS

AESBE. **O prejuízo do óleo de cozinha no meio ambiente**, 2020. Disponível em: <https://aesbe.org.br/o-prejuizo-do-oleo-de-cozinha-no-meio-ambiente/#:~:text=Isso%20tamb%C3%A9m%20n%C3%A3o%20%C3%A9%20correto,acumula%20%C3%A0s%20margens%20dos%20rios>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ARAÚJO, A. P. C; SILVA, C. V. D; BATISTA, F. R. X. Análises físico-químicas utilizadas para a avaliação da deterioração de óleos vegetais. In: Jornada em Engenharia Química, XIX., 2014, Uberlândia. **Anais eletrônicos...**Uberlândia, 2014. Disponível em: <http://www.peteq.feq.ufu.br/jorneq/anais2014/trabalhos/B11.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **D6304: Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **D5558: Standard Test Method for Determination of the Saponification Value of Fats and Oils**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10441:2014: Produtos de Petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da Viscosidade**. Rio de Janeiro, 2014.

ASTM D445-06. **Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006.

ASTM D5555-95. **Standard Test Method for Determination of Free Fatty Acids Contained in Animal, Marine, and Vegetable Fats and Oils Used in Fat Liquors and Stuffing Compounds**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

ASTM D5558-95. **Standard Test Method for Determination of the Saponification Value of Fats and Oils**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

ASTM D7777-13. **Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Liquid Petroleum by Portable Digital Density Meter**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

AZEVEDO, L. D. A; BEJAN, C. C. C; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Biodiesel a partir de óleo de fritura: uma temática atual para abordagem das relações cts em uma sala de aula de química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Paraná, v. 6, n. 2, p. 41-61, ago./2013. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/download/1301/1034>. Acesso em: 14 out. 2020.

BRASIL. Resolução nº 482 de 23. 09. 1999 – **DOU nº 196-E 13.10.1999**. Sessão 1, p. 82-87. ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. Resolução nº 184 de 22. 10. 2001 - **DOU de 22 de dezembro de 2000**. ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0184_22_10_2001.html. Acesso em: 09 mar. 2020.

BRASIL. Resolução nº 270 de 22. 09. 2005 - **DOU de 22 de dezembro de 2000**. ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html. Acesso em: 04 mar. 2020.

BRASIL. Resolução nº 45, de 25.08.2014 – **DOU 26.08.2014**. ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274064>. Acesso em: 12 jan. 2020.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

CANAL RURAL. **Produção brasileira de soja 2015/2016 em 99,4 mi de toneladas**, 2015. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/producao-brasileira-soja-2015-2016-994-toneladas-60069/>. Acesso em: 8 mar. 2020.

CAOBIANCO, G. **Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Escola de Engenharia de Lorena EEL/USP - Universidade de São Paulo. Lorena - SP, 2015.

CASTELLANELLI, C.A.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. Óleos comestíveis: o rótulo das embalagens como ferramenta informativa da correta destinação pós-uso. *In*: Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí, I., 2007, Santa Catarina. **Anais eletrônicos...**Santa Catarina, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/33116952-Oleos-comestiveis-o-rotulo-das-embalagens-como-ferramenta-informativa-da-correta-destinacao-pos-uso.html>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CÉSAR, Janaína; PAOLI, Marco-aurélio; ANDRADE, J. C. D. A determinação da densidade de sólidos e líquidos. **Revista Chemkeys**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-8, jul./2004. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/331145938_A_determinacao_da_densidad_e_de_solidos_e_liquidos. Acesso em: 25 jun. 2020.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia. Curitiba, 2006.

CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). **Codex Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils**. CODEX STAN 33. Rome, 1981.

DASH, S. K.; LINGFA, P. A review on production of biodiesel using catalyzed transesterification. **AIP Conference Proceedings**, Índia, v. 1859, p. 020100, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4990253>.

DIB, F. H. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto-gerador**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. São Paulo, 2010.

MARQUES, M. V.; NACIUK, F.F.; MELLO, A. M. S; SEIBEL, N. M.; FONTOURA, L. A. M. Determinação do teor de ésteres graxos em biodiesel metílico de soja por cromatografia gasosa utilizando oleato de etila como padrão interno. **Química Nova**, Rio Grande do Sul, v. 33, n. 4, p. 978-980, mar./2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v33n4/39.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MORAES, L. Sabonetes: inovando no desenvolvimento com tecnologia. **Cosmetics & Toiletries**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 62-71, nov./2007.

MOTTA, E. F. R. O. **Dossiê técnico - Fabricação de produtos de higiene pessoal**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC, 2007. Disponível em: http://www.cdt.unb.br/telecentros/files/dossie_higiene.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

MUNSON, Bruce; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, 2004.

OLHAR DIRETO. **Gorduras e Doenças Cardiovasculares**, 2018. Disponível em: <https://www.olhardireto.com.br/artigos/exibir.asp?id=9755&artigo=gorduras-e-doencas-cardiovasculares>. Acesso em: 9 mar. 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - 2002**. Disponível em:

<https://veja.abril.com.br/ciencia/relatorio-da-onu-alerta-para-possivel-crise-mundial-de-agua/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

PAVIA, D.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S; ENGEL, R. G. **Química Orgânica Experimental**: Técnicas de escala pequena. 2. ed. [S.I.]: BOOKMAN, 2009.

PEITER, A. S. **Avaliação do efeito de diferentes impelidores, da presença de chicana e da velocidade de agitação na produção de biodiesel de soja, via transesterificação etílica**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2013.

SABESP. **Reciclagem de óleo**, 2020. Disponível em:
<http://sitsabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=82>. Acesso em: 3 abr. 2020.

SOLOMONS, T. W. G. **Química Orgânica**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

SILVA, A. E. **Estudo do processo enzimático de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais de fritura**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Alagoas. Maceió-AL, 2010.

SILVA, A. V. **Determinação da cinética da reação de produção de biodiesel de óleo de fritura para o projeto preliminar de reator tubular**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2018.

UNIRIO. **Óleos e gorduras**, 2017. Disponível em:
http://www.unirio.br/analisedealimentos/menu-3/control-de-qualidade-de-oleos-e-gorduras/at_download/file. Acesso em: 24 mar. 2020.

VELOSO, Y. M. D. S; FREITAS, L. F. L.; FILHO, J. H. B. A.; SANTOS, I. T.; LEITE, M. S.; ARAUJO, P. J. L. Rotas para reutilização de óleos residuais de fritura. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 11-18, out./2012. Disponível em:
<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/177/120>. Acesso em: 24 abr. 2020.