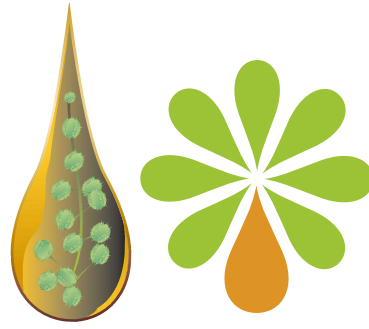


ISBN 978-85-65615-02-0



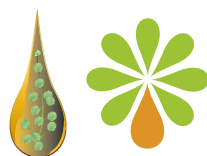
6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

# BIODIESEL: 10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL



## VOLUME 2

ANAIS - ARTIGOS CIENTÍFICOS  
2016



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**BIODIESEL:**  
**10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL**  
**Anais - Trabalhos Científicos**

**Editores:**

**Pedro Castro Neto**

**Antônio Carlos Fraga**

**Rafael Silva Menezes**

**Gustavo de Lima Ramos**

**Natal, 22 a 25 de Novembro de 2016**  
**Rio Grande do Norte - Brasil**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
(6. : 2016 : Natal, RN).

Anais do 6. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel, 9. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro  
de 2016 / Editores: Pedro Castro Neto ... [et al.]. – Lavras :  
UFLA, 2016.

1432 p.

Bibliografias

ISBN 978-85-65615-02-0

1. Biodiesel. 2. Plantas oleaginosas. 3. óleos vegetais. I

Castro Neto, Pedro et al. II. Congresso Brasileiro de Plantas  
Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel.

CDD – 633.85

## APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) possui papel fundamental no processo de aprimoramento tecnológico do biodiesel brasileiro. No âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o módulo de Desenvolvimento Tecnológico é coordenado pelo MCTIC e objetiva organizar e fomentar a base tecnológica existente no País e norteá-la a gerar resultados que atendam às demandas do PNPB.

Nesse sentido, foi implantada a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que articula os diversos atores envolvidos, permitindo a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos na busca por soluções para os desafios tecnológicos da cadeia produtiva, levando em consideração aspectos de sustentabilidade, geração de empregos e desenvolvimento regional.

Como ferramenta de avaliação e divulgação dos resultados dos projetos fomentados, o MCTIC promove, desde 2006, o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e a Universidade Federal de Lavras promove, desde 2004, o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Eventos que em suas edições anteriores foram um sucesso, tanto em termos de público, como na divulgação do conhecimento gerado por pesquisadores de inúmeras universidades e institutos de pesquisa de todo o país. A partir de 2010 esses dois eventos foram realizados simultaneamente constituindo o maior evento técnico científico em biodiesel do mundo. Este evento é referência para as áreas de produção de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel.

## APRESENTAÇÃO

É estratégico para o setor de biodiesel possuir fóruns de discussão para se debater temas ligados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiesel, como também promover encontros entre especialistas, estudantes, empresários e a sociedade civil para discutir meios para o desenvolvimento desse novo combustível.

Para o evento deste ano os organizadores receberam 884 trabalhos, dos quais 715 foram aprovados e serão expostos nas sessões de apresentação de pôster. Foram destacados trabalhos que também serão apresentados oralmente nas sessões temáticas. Busca-se atingir com a divulgação dos Anais do evento a difusão do conhecimento gerado, servindo como base para a continuidade das ações e como motivação para que a inovação tecnológica contribua de forma efetiva para os objetivos do PNPB.

Cordialmente,

Professor Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso**

Professor Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Rafael Silva Menezes  
**Coordenador de ações de  
desenvolvimento  
energético RBTB-MCTIC**

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel**

Rafael Silva Menezes  
**Presidente do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel**

Gustavo de Lima Ramos  
**Secretário-Geral**

Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Juliana Espada Lichston  
**Presidente da Comissão Local da UFRN**

Rafael Peron Castro  
Anderson Lopes Fontes  
**Secretários Comissão Local da UFRN**

## COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Antônio Carlos Fraga (UFLA) - Presidente

Pedro Castro Neto (UFLA) - Vice-Presidente

Lucas Ambrosano (UEM) - Secretário

Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA) - Secretário

Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA) - Secretário

### MEMBROS DAS ÁREAS TEMÁTICAS

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

Bill Jorge Costa (TECPAR)

Bruno Galvêas Laviola (EMBRAPA)

Cláudio José de Araujo Mota (UFRJ)

Danilo Luiz Flumignan (IFSP)

Donato Alexandre Gomes Aranda (UFRJ)

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Gustavo Lima Ramos (SETEC/MCTIC)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UnB)

Rafael Silva Menezes (SETEC/MCTIC)

Roberto Bianchini Derner (UFSC)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simoni Margaretti Plentz Meneghetti (UFAL)

## COMISSÃO EXECUTORA

Associação dos  
Pesquisadores em Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel



Rede Brasileira de  
Tecnologia de Biodiesel

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## REVISÃO E EDITORAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA)  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Lucas Ambrosano (UEM)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA)  
Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA)

## COMISSÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA) – Presidente  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Gilson Miranda Júnior (BCC/UFLA)  
Jaime Daniel Corrêa Mendes (BCC/UFLA)  
João Paulo de Araújo (BCC / G-Óleo/UFLA)  
Ferguson Antônio Gomes Peres de Souza (G-Óleo/UFLA)  
Henrique Fidencio (G-Óleo/UFLA)  
Arnon de Castro Oliveira (G-Óleo/UFLA)  
Saulo Kirchmaier Teixeira (G-Óleo/UFLA)

## AGRADECIMENTOS

Apoiadores, Autores, Congressistas, Expositores e Palestrantes.

## MEMBROS DA G-ÓLEO

Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Pedro Castro Neto (Presidente)  
Lucas Ambrosano (Vice-Presidente)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (Tesoureiro)  
Vinícius Reis Bastos Martins (Secretário)  
Antônio Carlos Fraga  
Arnon de Castro oliveira  
Bárbara Lemes  
Camilla Freitas Maia  
Camilo José Rodrigues Dal Bó  
Carlos Henrique Santos Fonseca  
Carlúcio Queiroz Santos  
Clara de Almeida Filippo  
Daniel Augusto de Souza Borges  
Danilo da Silva Souza  
Diego Flausino Brasileiro  
Erika Tokuda  
Ferguson Antonio Gomes Peres de Souza  
Gabriel Dlouhy Alcon  
Gabriele de Faria Castro  
Geovani Marques Laurindo  
Gilson Miranda Júnior  
Guilherme de Oliveira Martins  
Gustavo de Almeida Adolpho  
Hamilton Olinto Pimenta Lima Junior  
Henrique Fidencio  
Jaime Daniel Corrêa Mendes  
Janice Alvarenga Santos Fraga  
João Paulo de Araújo  
Julia Andrade de Ávila  
Juliana de Xisto Silva  
Maraiza Assis Mattar Silva  
Marcela Santos Moreira  
Matheus Sterzo Nilsson  
Paulo Rogério Ribeiro Pereira  
Pedro Henrique Barcelos Mota  
Pedro Rodolfo Bianchim de Oliveira  
Rafael Peron Castro  
Rodrigo Martins Santos  
Sandra Regina Peron Castro  
Sandro Freire de Araújo  
Saulo Kirchmaier Teixeira  
Stênio Carvalho  
Thalita Caroline Azevedo Gonçalves  
Thiago Matiulli  
Vitor Favareto Silva

## REALIZAÇÃO

O Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) idealizado pelos professores Antônio Carlos Fraga



do Departamento de Agricultura e Pedro Castro Neto do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, desde 2006 promove a

produção científica e realiza eventos acadêmicos voltados a estudantes, pesquisadores e empreendedores que atuam nas diversas etapas da cadeia produtiva do biodiesel, transferindo ao produtor rural por meio de eventos de extensão, onde inovações da pesquisa e indústria são levadas e apresentadas à comunidade.

A diversidade das áreas de atuação do grupo torna os projetos amplamente diversificados, englobando atividades em fitotecnia, química, projetos e manutenção de máquinas agrícolas e industriais, gerência e tecnologia de informação, administração, extração e purificação de óleos e gorduras, gestão de coprodutos e resíduos, todas associadas à produção científica visando inovação para a indústria e melhoria na produção rural.

## REALIZAÇÃO

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação do biodiesel no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) promove diversas ações, principalmente por meio da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que envolve diversos atores da cadeia produtiva. Isso permite a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos, buscando soluções para os desafios tecnológicos do setor. Desde 2006, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC) promove o Congresso da RBTB com objetivo de disseminar os conhecimentos tecnológicos gerados, a divulgação das potencialidades da Rede, as competências e os trabalhos em andamento. A realização do evento envolve a comunidade científica e empresarial e abrange sete diferentes áreas temáticas: Matéria Prima; Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados; Caracterização e Controle da Qualidade; Co-Produtos; Produção do Biocombustível; Uso de Biodiesel; e Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.



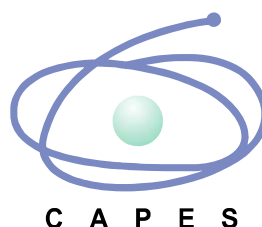
REALIZAÇÃO

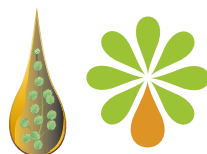
SECRETARIA DE  
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO**

MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



## APOIO





6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

# TRABALHOS CIENTÍFICOS APROVADOS

## Produção de biodiesel etílico de óleos residuais de fritura via esterificação ácida seguida de transesterificação alcalina

Rubia de Pina Luchetti Camargo (LAMES/UFG, [ruluchetti@gmail.com](mailto:ruluchetti@gmail.com)), Dayane Cristina da Costa (LAMES/UFG, [dayanecristina\\_3@hotmail.com](mailto:dayanecristina_3@hotmail.com)), Maria Isabel Ribeiro Alves (LAMES/UFG, [belribeiroalves@gmail.com.br](mailto:belribeiroalves@gmail.com.br)) e Nelson Roberto Antoniosi Filho (LAMES/UFG, [nelson@quimica.ufg.br](mailto:nelson@quimica.ufg.br))

**Palavras Chave:** reciclagem, cromatografia gasosa, caracterização

### 1 - Introdução

O uso de etanol em substituição ao metanol é de fundamental importância para aumentar a sustentabilidade ambiental do biodiesel. Os óleos residuais de fritura (ORF) são uma opção para baratear o custo desse biocombustível, que é responsável por cerca de 80% deste custo.

Para isso é necessário otimizar o processo de conversão à biodiesel, de forma que este não aumente os custos do processo global.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo adequar a produção do biodiesel etílico a partir de ORF oriundo de óleo de soja, utilizando um processo conjugado quimiometricamente otimizado de esterificação ácida seguida de uma transesterificação alcalina, via planejamento experimental <sup>2,3</sup>. As variáveis analisadas foram a razão molar ORF:etanol, a quantidade de catalisadores e o tempo das reações.

Para a esterificação o rendimento foi obtido pela redução do índice de acidez e para a transesterificação pela porcentagem do teor de ésteres totais, confirmado com a análise de mono-, di- e triacilglicerídeos.

### 2 - Material e Métodos

Utilizou-se para este estudo o ORF de um estabelecimento comercial situado em Anápolis (Goiás – Brasil). A utilização em excesso de um dos reagentes, como por exemplo, o álcool, auxilia o processo esterificação do ORF <sup>1,2</sup>, visando deslocar a reação no sentido da formação dos ésteres. Para isso, é necessário que a razão molar entre etanol e ORF seja maior que a estequiométrica de 1:1<sup>3</sup>.

Foi realizada a otimização do processo de esterificação ácida do ORF com um planejamento fatorial <sup>2,3</sup> com as variáveis razão molar etanol:ORF, concentração de catalisador (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e temperatura, tendo como resposta a redução do índice de acidez.

Para a esterificação ácida foram utilizadas três razões molares entre etanol e ORF, sendo 11:1 para o menor nível, 13:1 para o ponto central e 15:1 para o maior nível. Os três tempos avaliados foram de 2h para o menor nível, 3h para o ponto central e 4h para o maior nível. A concentração do catalisador ácido sulfúrico foi de 1,5% para o menor nível, 2,0% para o ponto central e em 2,5% para o maior nível.

O melhor resultado encontrado na otimização da esterificação ácida foi utilizado para ser submetido ao planejamento fatorial <sup>2,3</sup> para o processo de transesterificação alcalina foram utilizadas três razões molares entre etanol e matéria-graxa, sendo 9:1 para o menor nível, 11:1 para o ponto central e 13:1 para o maior nível. Os três tempos avaliados foram de 2h para o menor nível, 3h para o ponto central e 4h para o maior nível. A concentração do catalisador hidróxido de potássio foi de

0,9% para o menor nível, 1,2% para o ponto central e em 1,5% para o maior nível.

Ambos os processos foram realizados em reator Marconi MA 159/150, com agitador IKA® RW 20 digital, a 70°C sob agitação a 800 rpm.

A caracterização físico-química do biodiesel que obteve o melhor resultado em teor de ésteres totais, foi realizada pelos seguintes ensaios: índice de iodo (EN 14111:2003), viscosidade cinemática (NBR 10441:2007), índice de acidez (ASTM 664:2011), teor de água (ASTM D 6304:2007), densidade (ASTM D 4052:2015), estabilidade oxidativa (EN 14112:2003), análise de metais (NBR 15553:2015 com a expansão para a análise de outros metais), teor de ésteres totais (EN 14103:2011), determinação de mono-, di- e triglicerídeos e glicerina livre e total (ASTM D6584:2013).

### 3 - Resultados e Discussão

Os resultados mostram que a maior redução de IA (96,4%) ocorreu no experimento E4 (IA = 0,042 mg KOH.g<sup>-1</sup>), no qual as variáveis com concentração de ácido sulfúrico e tempo foram utilizadas nos seus maiores níveis (1,5% e 4h), enquanto a razão molar foi utilizada no seu menor nível (9:1). Isso indica que altas quantidades de etanol, diluem o ácido sulfúrico e os ácidos graxos livres, diminuindo a ocorrência do ataque do próton do ácido sulfúrico à carbonila do ácido graxo livre, a qual corresponde a primeira etapa da reação.

Logo foi utilizado o experimento E4 para a produção de biodiesel etílico de ORF na segunda etapa de transesterificação alcalina, que teve como melhor resultado o do experimento T8, com teor de ésteres totais de 96,83%, no qual todas as variáveis estavam em seus níveis máximos, ou seja: razão molar de etanol:matéria graxa de 13:1 e concentração de KOH de 1,5%, durante 4 horas.

O biodiesel etílico de ORF, foi caracterizado e o controle da qualidade do biodiesel etílico de ORF, como mostrado na Tabela 1, foi avaliado de acordo com as especificações da Resolução ANP nº 45/2014.

Um combustível com viscosidade cinemática baixa, tal como foi obtido no biodiesel produzido (4,85 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>), é importante para a eficiência do processo de injeção<sup>4,5</sup>.

O biodiesel etílico de ORF também apresentou teores de ésteres totais (96,83%), glicerina livre (0,02%) e total (0,20%) e de seus monoacilglicerídeos (0,62%), diacilglicerídeos (0,10%) e triacilglicerídeos (0,05%), dentro dos limites exigidos pela ANP.

**Tabela 1.** Caracterização do biodiesel etílico de ORF

Parâmetro	Limites	Resultados
<b>Índice de Acidez</b> (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	0,5	0,39
<b>Viscosidade cinemática</b> (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	3,0 a 6,0	4,85
<b>Teor de Água</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	200	171,00
<b>Teor de Éster</b> (% massa)	96,5	96,83
<b>Na + K</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	5 máx	2,20
<b>Ca + Mg</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	5 máx	0,16
<b>P</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	10 máx	0,00
<b>Teor de Enxofre</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	10 máx	4,80
<b>Glicerol livre</b> (% massa)	0,02 máx	0,02
<b>Glicerol total</b> (% massa)	0,25 máx	0,20
<b>Monoacilglicerol</b> (% massa)	0,7 máx	0,62
<b>Diacilglicerol</b> (% massa)	0,20 máx	0,10
<b>Triacilglicerol</b> (% massa)	0,20 máx	0,05
<b>Estabilidade Oxidativa (h)</b>	8	5,82

Outros parâmetros importantes como os teores de água (171,00 mg.kg<sup>-1</sup>) sódio e potássio (2,20 mg.kg<sup>-1</sup>), cálcio e magnésio (0,16 mg.kg<sup>-1</sup>), fósforo (0,00 mg.kg<sup>-1</sup>) e enxofre (4,80 mg.kg<sup>-1</sup>) também apresentaram-se em acordo com a especificação.

A estabilidade oxidativa ficou abaixo do permitido para a legislação brasileira (8 h), mas aceitável para outras especificações usadas por outros produtores de biodiesel como, por exemplo, de 3 h para a americana ASTM D6751, e de 4 h para a europeia EN 14213<sup>6,7</sup>.

A presença de diversos elementos químicos catiônicos e aniônicos, metálicos ou orgânicos, pode diminuir a estabilidade oxidativa do biodiesel<sup>7</sup>, sendo que, somente bário e silício foram encontrados, estando ambos em concentrações baixas, o que talvez não justifique a estabilidade oxidativa obtida para o biodiesel etílico de ORF. Assim optou-se por avaliar se outros componentes podem estar presentes no biodiesel, como por exemplo componentes oxidados de ácidos graxos e acilglicerídeos, os quais, por terem menor estabilidade físico-química, podem estar afetando a estabilidade oxidativa, por estarem sendo degradados nas condições do ensaio de Rancimat. Dessa forma, tais componentes oxidados podem estar sendo convertidos em substâncias de menor massa molecular, e de maior volatilidade, as quais aumentam a condutividade da água do frasco de medida da condutividade, diminuindo assim o período de indução.

Na análise pode-se observar a presença de compostos oxidados de primeira ordem como os hidroperóxidos e os hidroxidíenos e os de segunda ordem, os cetoperoxídeos no biodiesel etílico de ORF, os quais estão ausentes no biodiesel etílico de OSR.

Assim, diferentemente do que é observado para um biodiesel produzido a partir de um óleo refinado, o biodiesel de óleo residual de fritura apresenta componentes oxidados, os quais não estão em grande quantidade pois não chegam a afetar os teores de éteres totais, mas ainda assim

podem afetar a estabilidade oxidativa desse tipo de biodiesel.

#### 4 – Conclusões

Neste trabalho conclui-se que o processo conjugado de esterificação ácida seguida da transesterificação alcalina é uma alternativa adequada para produzir biodiesel etílico de óleos residuais de fritura.

De acordo com os planejamentos fatoriais, tal biodiesel deve ser produzido em duas etapas, sendo a primeira uma esterificação ácida com razão molar etanol:ORF de 11:1, com 2,5% de ácido sulfúrico, com a reação ocorrendo por 4 horas. A segunda etapa consiste em uma transesterificação alcalina com razão molar etanol:materia graxa de 13:1, com 1,5% de hidróxido de potássio, por 4 horas.

O controle da qualidade do biodiesel produzido indica que este se encontra em concordância com a maioria dos parâmetros exigidos por vários dos padrões de qualidade existentes, com exceção da estabilidade oxidativa. Assim sendo, para ser utilizado comercialmente o biodiesel etílico de ORF deverá sofrer a adição de antioxidantes para aumentar esta estabilidade oxidativa, ou ser comercializado em mistura com outras amostras de biodiesel que apresentem maior estabilidade oxidativa, tal como as oriundas de palmáceas ou de sebo animal.

#### 5 – Agradecimentos

MCTIC, FINEP, FUNAPE, CNPQ, CAPES, UFG

#### 6 - Bibliografia

- CUNHA, A. et al. Synthesis and characterization of ethylic biodiesel from animal fat wastes. **Fuel**, v. 105, p. 228–234, 2013.
- DIAS, J. M. et al. Study of an ethylic biodiesel integrated process: Raw-materials, reaction optimization and purification methods. **Fuel Processing Technology**, v. 124, p. 198–205, 2014.
- VERDUZCO, R. L. F. Density and viscosity of biodiesel as a function of temperature: Empirical models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 652–665, 2013.
- GHAZALI, W. N. M. et al. Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 585–602, 2015.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. H. VAN; KRAHL, J. The Biodiesel Handbook. Applied Sciences, v. 2, p. 302, 2005.
- LANJEKAR, R. D.; DESHMUKH, D. A review of the effect of the composition of biodiesel on NOx emission, oxidative stability and cold flow properties. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, n. x, p. 1401–1411, 2016.
- ALVES, M. B.; MEDEIROS, F. C. M.; SUAREZ, P. A. Z. Cadmium Compounds as Catalysts for Biodiesel Production. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 49, n. 16, p. 7176–7182, 18 ago. 2010.