

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 Margaretta 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)  
Fergunson 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.



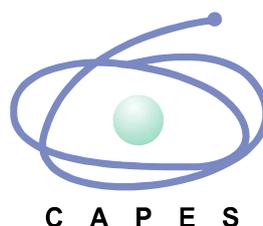
REALIZAÇÃO

SECRETARIA DE  
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO**

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



## APOIO



## Comparação entre a cinética da interesterificação do óleo de algodão com ultrassom e agitação mecânica

Aldo Miro de Medeiros (DEQ/UFRN, [aldomiro\\_m@hotmail.com](mailto:aldomiro_m@hotmail.com)), Ênio Rafael de Medeiros Santos (DEQ/UFRN, [enio\\_rafael@yahoo.com.br](mailto:enio_rafael@yahoo.com.br)), Saulo Henrique Gomes de Azevêdo (DEQ/UFRN, [saulo.azevedo@ifrn.edu.br](mailto:saulo.azevedo@ifrn.edu.br)), Anderson Alles de Jesus (DEQ/UFRN, [andalles@yahoo.com.br](mailto:andalles@yahoo.com.br)), André Anderson Costa Pereira (DEQ/UFRN, [andre\\_antsu@yahoo.com.br](mailto:andre_antsu@yahoo.com.br)), Humberto Neves Maia de Oliveira (DEQ/UFRN, [humberto@eq.ufrn.br](mailto:humberto@eq.ufrn.br)) e Elisa Maria Bittencourt Dutra de Sousa (DEQ/UFRN, [elisa@eq.ufrn.br](mailto:elisa@eq.ufrn.br))

**Palavras Chave:** interesterificação, biodiesel, ultrassom, cinética e *Gossypium hirsutum* L

### 1 - Introdução

A conscientização pela produção de energias limpas e renováveis vem aumentando intensamente nas últimas décadas. A necessidade de se buscar alternativas aos combustíveis fósseis, apontam para resultados com ênfase no uso de biodiesel produzido através de uma fonte animal ou vegetal, no qual uma de suas vantagens é emitir menos gases de efeito estufa em comparação ao diesel comum, destacando-se como alternativa para substituir este combustível fóssil<sup>1</sup>.

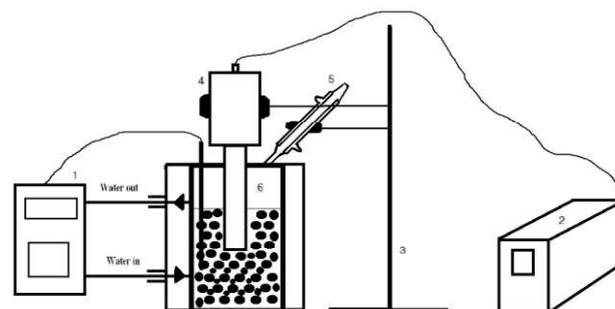
A grande quantidade de glicerol disponível no mercado resultante da produção de biodiesel por transesterificação torna-o um subproduto indesejado por ter baixo valor de mercado<sup>2</sup>. Como alternativa a transesterificação, surge à reação de interesterificação (novo processo de produção de biodiesel, livre de glicerol), que tem sido desenvolvida intensamente nos últimos anos<sup>3-5</sup>.

A interesterificação consiste na reação de um triglicerídeo com três moléculas de acetato, gerando como produtos três moléculas de ésteres (biodiesel) e uma molécula de triacetina. Esta reação tem como produtos intermediários o Monoacetildiglicerídeo e o Diacetilmonoglicerídeo<sup>5</sup>. A triacetina é usada principalmente como plastificante, como aditivo no tabaco, em indústrias farmacêuticas e de cosméticos. Estudos recentes têm demonstrado que a triacetina pode ser adicionada à formulação do biodiesel (em até 10 % em massa) sem prejudicar o seu desempenho<sup>6</sup>.

### 2 - Material e Métodos

O óleo utilizado para realizar os experimentos foi o óleo de algodão refinado, obtido diretamente na empresa Icofort Agroindustrial LTDA (Brasil). Também foi utilizado acetato de metila (99,5 % de pureza), metóxido de potássio metanólico (25 % em massa), ácido fosfórico (ORTO), n-heptano (grau cromatografia), heptadecanoato de metila e padrões de ésteres (grau cromatografia), todos obtidos através da empresa Sigma, USA.

A Figura 1 ilustra o aparato experimental utilizado para as reações de interesterificação, onde um reator cilíndrico de 150 mL (4 cm de diâmetro e 5 cm de altura) foi equipado com um condensador de refluxo (para evitar a perda do acetato de metila), um termopar, um banho termostático (TE-184 – Tecnal, Brasil) e um ultrassom com ponteira (VCX 600 Sonics & Materials, USA) para promover a emulsificação da solução.



**Figura 1.** Aparato experimental. 1. Haste. 2. Condensador. 3. Gerador de ondas ultrassônicas. 4. Ponteira do ultrassom. 5. Reator. 6. Controlador de temperatura.

Foram realizados experimentos utilizando agitação mecânica e com ultrassom para comparar o desempenho destes métodos na reação produção de biodiesel por interesterificação. Os experimentos foram realizados conforme a metodologia utilizada por outros autores<sup>5,7</sup>, onde o reator foi operado em batelada, sendo alimentado com 100 g de mistura reacional, composta de óleo de algodão e acetato de metila em condições otimizadas (razão molar de 1:14,87; concentração de catalisador de 1,17 %; 68 % de amplitude do bico ultrassônico; 70 % de pulso de vibração e temperatura de 50 °C). Alíquotas de 2 mL foram retiradas nos tempos 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20 e 30 minutos. As amostras foram tratadas e analisadas através de cromatografia gasosa.

### 3 - Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta o estudo comparativo entre os experimentos realizados com uma técnica convencional (agitação mecânica) e a técnica com ultrassom.

Analisando a Figura 2, percebe-se que a conversão da reação de interesterificação utilizando ultrassom (98 %) é mais elevada do que a produção de ésteres metílicos pela técnica com agitação mecânica (84 %), pois a utilização de ultrassom resultou em um aumento na conversão de 13 %. Relatos na literatura também mostram tendências similares. Maddikeri *et al.* (2013)<sup>5</sup> trabalharam na interesterificação do óleo de cozinha residual com ultrassom e com uma abordagem convencional. Utilizando razão molar de 1:12, concentração de catalisador de 1 % em massa e temperatura de 40 °C, verificaram um rendimento de 90 % com ultrassom e 70 % pelo método convencional. Subhedar *et al.* (2016)<sup>8</sup> estudaram a síntese de ésteres metílicos a partir transesterificação enzimática do óleo de girassol pelo método da agitação convencional e assistida por ultrassom.

Os autores realizaram experiências com carga de enzima de 5 % de massa/volume e temperatura de 40 °C, onde os resultados obtidos mostraram que o rendimento da reação com ultrassom atingiram 95 % em 4 horas, enquanto que pelo método convencional o rendimento foi de 60 % após 24 horas.

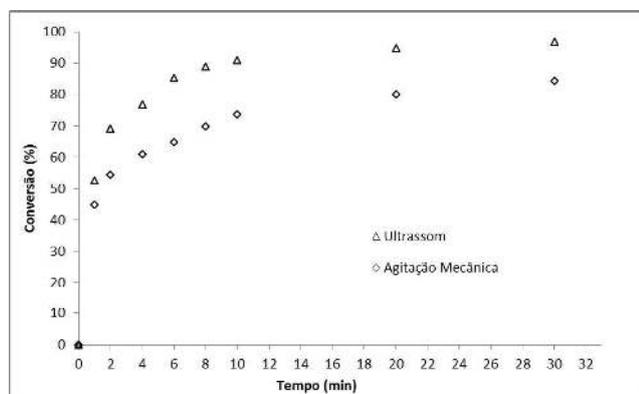


Figura 2. Estudo comparativo da produção de ésteres metílicos com ultrassom e agitação mecânica.

A utilização de irradiação ultrassônica proporciona níveis de conversão mais elevada devido aos efeitos físicos proporcionados pelo fenômeno cavitação. Este fenômeno proporciona conversões mais elevadas por causa da intensa turbulência local, que gera uma microcirculação nos líquidos e formação de microemulsão, resultando no aumento da área interfacial disponível entre as duas fases que participam da reação, concluindo no aumento da velocidade de reação.

Os dados apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**2 foram ajustados utilizando o modelo cinético de 2ª ordem para determinar as constantes de velocidade da reação nos diferentes métodos. A consideração de irreversibilidade da reação foi favorecida com o excesso de acetato de metila que induz a uma baixa concentração de triglicerídeos quando se atinge o equilíbrio do meio reacional, semelhante a uma reação irreversível<sup>5</sup>. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**3 mostra os dados referentes ao ajuste do comportamento de uma reação de segunda ordem.

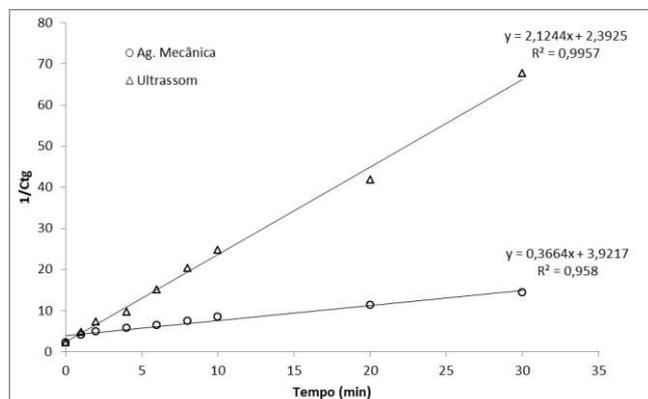


Figura 3. Ajuste do modelo da reação de 2ª ordem para encontrar a constante de velocidade da reação.

O coeficiente angular de cada reta da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**3 representa a constante de velocidade da reação em determinada temperatura.

O ajuste do modelo utilizando os dados do método com ultrassom proporcionou uma constante de velocidade da reação de 2,1244 ( $L \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) e um coeficiente de correlação de 0,9957. Já o ajuste do modelo utilizando os dados dos experimentos com agitação mecânica proporcionou uma constante de velocidade da reação de 0,3664 ( $L \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) e um coeficiente de correlação de 0,958. Os valores dos coeficientes de correlação confirma que a reação de interesterificação com agitação mecânica e com ultrassom se ajusta bem para o modelo de 2ª ordem.

#### 4 – Conclusões

Os experimentos realizados nas condições otimizadas com uma metodologia convencional (agitação mecânica) foram comparados com experimentos utilizando ultrassom. Com isso, os resultados gerados a partir da utilização de ondas ultrassônicas são bastante significativos tendo em vista que se conseguiu um aumento de 13 % na conversão de triglicerídeos com a utilização de ondas ultrassônicas em comparação com uma metodologia convencional.

#### 5 – Agradecimentos

Os autores são gratos ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a CAPES, pela ajuda financeira.

#### 6 - Bibliografia

- BEHÇET, R. *et al.* Comparison of exhaust emissions of biodiesel–diesel fuel blends produced from animal fats. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 46, p. 157–165, 2015.
- BONET, J. *et al.* Revalorization of glycerol: Comestible oil from biodiesel synthesis. **Food and Bioproducts Processing**, v. 87, n. 3, p. 171–178, 2009.
- CASAS, A.; RAMOS, M. J.; PÉREZ, Á. Kinetics of chemical interesterification of sunflower oil with methyl acetate for biodiesel and triacetin production. **Chemical Engineering Journal**, v. 171, n. 3, p. 1324–1332, 2011.
- GALIA, A. *et al.* Interesterification of rapeseed oil catalyzed by tin octoate. **Biomass and Bioenergy**, v. 67, n. 0, p. 193–200, 2014.
- MADDIKERI, G. L.; PANDIT, A. B.; GOGATE, P. R. Ultrasound assisted interesterification of waste cooking oil and methyl acetate for biodiesel and triacetin production. **Fuel Processing Technology**, v. 116, p. 241–249, 2013.
- CASAS, A. *et al.* Effects of triacetin on biodiesel quality. **Energy and Fuels**, v. 24, n. 8, p. 4481–4489, 2010.
- CASAS, A.; RAMOS, M. J.; PÉREZ, Á. Methanol-enhanced chemical interesterification of sunflower oil with methyl acetate. **Fuel**, v. 106, n. 865, p. 869–872, 2013.
- SUBHEDAR, P.B.; GOGATE, P. R. Ultrasound assisted intensification of biodiesel production using enzymatic interesterification. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 67-75, 2016.