

# Engenharias, Ciência e Tecnologia 2

**Luís Fernando Paulista Cotian  
(Organizador)**



**Atena**  
Editora

Ano 2019

**Luís Fernando Paulista Cotian**

(Organizador)

# **Engenharias, Ciência e Tecnologia**

## **2**

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 2 [recurso eletrônico] / Organizador  
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena  
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-085-8

DOI 10.22533/at.ed.858193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.  
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume II apresenta, em seus 15 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão de Resíduos relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão de Recursos Naturais, Produção mais Limpa e Ecoeficiência e Gestão de Resíduos Industriais e Prevenção de Poluição.

As áreas temáticas de Gestão de Resíduos relacionadas tratam de temas relevantes para a prevenção de poluição. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão de Resíduos e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO COM CARVÃO VEGETAL PARA A PURIFICAÇÃO DE BODIESEL OBTIDO A PARTIR DE ÓLEOS DE MILHO	
<i>Maria Carolina Sérgi Gomes</i>	
<i>Juliana Guerra Sgorlon</i>	
<i>Maraísa Lopes de Menezes</i>	
<i>Vassula Belinato Paiva</i>	
<i>Fernanda Nunes de Proença</i>	
<i>Mariane Borges Gheller</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
AVALIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO BAGAÇO DE MALTE SOBRE A ADSORÇÃO DO CORANTE DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Jordana Benfíca Silva</i>	
<i>Heitor Otacílio Nogueira Altino</i>	
<i>Renata Nepomuceno da Cunha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADO NA QUEDA DE PRESSÃO DE UM CICLONE LAPPLE	
<i>Rosilanny Soares Carvalho</i>	
<i>Daiane Ribeiro Dias</i>	
<i>João Carlos Gonçalves</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS: SEDIM 2.0	
<i>Roberta de Almeida Costa Campeão</i>	
<i>Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>38</b>
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE UM CICLONE ADAPTADO COM BOCAIS ATOMIZADORES DE ÁGUA PARA COLETAR MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Ana Elisa Achilles</i>	
<i>Vádila Giovana Guerra Béttega</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
DESEMPENHO DE FILTRO TIPO BOLSA PARA SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE HERBICIDAS	
<i>Daniela Teixeira Chaves</i>	
<i>José Roberto Delalibera Finzer</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8581931016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 71**

DISTRIBUIÇÃO DE CHUMBO TOTAL EM AMOSTRAS DE SEDIMENTOS E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EXTRAÍDAS DE SEDIMENTOS COLETADOS EM MANANCIAS COM DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA DA BACIA AMAZÔNICA

*Tania Machado da Silva*  
*Bruno Cesar Prior Rocha*  
*Wilyane Silva Figueiredo*  
*Luiz Fabrício Zara*  
*Gustavo Rocha de Castro*  
*André Henrique Rosa*

**DOI 10.22533/at.ed.8581931017**

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

ESTUDO DAS CONDIÇÕES PARA A SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE ABACATE E PEROVSKITA RESIDUAL ( $Ca_2Fe_2O_5$ )

*Rondinele Aberto dos Reis Ferreira*  
*Juarez Hilleshein Júnior*  
*Priscila Pereira Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.8581931018**

**CAPÍTULO 9 ..... 102**

ESTUDO DE CASO EM OBRA NA CIDADE DE MACEIÓ: PROPOSTA PARA MELHORIA NO DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Kelliany Medeiros Costa*  
*José Leandro da Silva Duarte*  
*Carmem Lúcia de Paiva e Silva Zanta*

**DOI 10.22533/at.ed.8581931019**

**CAPÍTULO 10 ..... 112**

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO APLICADOS EM EMULSÕES A/O MONODIPERSAS

*Lucas Henrique Pagoto Deoclecio*  
*Ana Paula Meneguelo*  
*Daniel Cunha Ribeiro*

**DOI 10.22533/at.ed.85819310110**

**CAPÍTULO 11 ..... 128**

POTÊNCIA NECESSÁRIA AO RALEAMENTO DA VEGETAÇÃO NO SEMIÁRIDO

*Márcio Waltzer Timm*  
*Antônio Lilles Tavares Machado*  
*Roberto Lilles Tavares Machado*  
*Rafael Gonçalves Tonucci*

**DOI 10.22533/at.ed.85819310111**

**CAPÍTULO 12 ..... 137**

SANEAMENTO: EVOLUÇÃO DAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA E MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA DO BAIRRO PARAVIANA EM BOA VISTA/RR

*Francilene Cardoso Alves Fortes*  
*Emerson Lopes de Amorim*  
*Iury Costa Aragão*  
*Thiago Barreto Tavares*  
*Cleiton Leandro Santana*  
*Maikon Barros de Lima*

**DOI 10.22533/at.ed.85819310112**

<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>152</b>
SANEAMENTO: IMPLICAÇÕES E EXECUÇÕES NAS OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BAIRRO CINTURÃO VERDE NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR	
<i>Francilene Cardoso Alves Fortes</i>	
<i>Emerson Lopes de Amorim</i>	
<i>Simone Vieira Vaz</i>	
<i>Geislani da Luz Araujo</i>	
<i>Numeriano Dantas de Medeiros</i>	
<i>Fabio Rodrigues de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85819310113</b>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>166</b>
SINTONIA ÓTIMA DO CONTROLADOR PID APLICADO AO CONVERSOR CC-CC BUCK	
<i>Rhonei Patric dos Santos</i>	
<i>Lucas Sampaio Garcia</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85819310114</b>	
<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>178</b>
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO CAROÇO DE AZEITONA PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO	
<i>Luíza Silveira Cabral</i>	
<i>Manoela Silva Lima Mariotini Carotta</i>	
<i>Érica Vieira Barbosa</i>	
<i>Juliana Fusco Pachani dos Santos</i>	
<i>Ana Carla Pinheiro Lima</i>	
<i>Cristiane de Souza Siqueira Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85819310115</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>189</b>

## AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO COM CARVÃO VEGETAL PARA A PURIFICAÇÃO DE BIODIESEL OBTIDO A PARTIR DE ÓLEOS DE MILHO

### **Maria Carolina Sérgio Gomes**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

### **Juliana Guerra Sgorlon**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

### **Maraísa Lopes de Menezes**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

### **Vassula Belinato Paiva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

### **Fernanda Nunes de Proença**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

### **Mariane Borges Gheller**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Coordenação do Curso de Engenharia Química  
Apucarana - PR

**RESUMO:** O biodiesel é um combustível biodegradável, obtido pela reação de transesterificação ou esterificação de óleos vegetais. Após a reação, os ésteres produzidos devem ser submetidos a etapas de purificação

para a remoção de glicerol livre e outros contaminantes. Os processos comumente utilizados na etapa de purificação utilizam lavagens com água e resultam na geração de grandes quantidades de efluentes, que devem ser tratados e eliminados. No presente trabalho, o biodiesel foi produzido por transesterificação etílica de óleos de milho neutro e refinado por meio de catálise alcalina. Foi avaliada a eficiência da purificação do biodiesel por adsorção utilizando carvão vegetal em comparação com as lavagens aquosas. Os experimentos foram realizados em batelada e os resultados obtidos demonstraram que o carvão vegetal pode ser utilizado na purificação do biodiesel, uma vez que, nas duas temperaturas avaliadas, foi possível obter um teor de glicerol no biodiesel de óleo refinado dentro da especificação utilizando a concentração de adsorvente de 50 g/L.

**ABSTRACT:** Biodiesel is a biodegradable fuel produced by the transesterification or esterification reaction of vegetable oils. After the reaction, the esters must undergo purification steps for the removal of free glycerol and other contaminants. The processes commonly used in this purification step use water washes and result in the generation of large quantities of effluents, which must be treated and eliminated. In the present work, biodiesel was produced by ethyl transesterification of neutral and refined

corn oils using alkaline catalysis. It was evaluated the efficiency of biodiesel purification by adsorption using charcoal compared with aqueous washes. The experiments were performed in batch and the results showed that charcoal can be used in the biodiesel purification, since at the two temperatures evaluated, it was possible to obtain biodiesel with a glycerol content within the specification, using the concentration of adsorbent of 50 g / L.

## 1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível alternativo constituído de uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir de óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais e é miscível com o diesel de petróleo em qualquer proporção. O método mais comum de produção de biodiesel é a reação de transesterificação, em que os triacilgliceróis presentes nos óleos e gorduras reagem com um álcool na presença de um catalisador para produzir os ésteres alquílicos correspondentes e glicerol como co-produto (Knothe *et al.*, 2006).

Após a transesterificação, a mistura final é composta principalmente por ésteres alquílicos de ácidos graxos, além de álcool residual, glicerol, catalisador, mono, di e triglicerídeos. Estes e outros contaminantes presentes no biodiesel podem causar problemas operacionais e ambientais e devem ser separados para que os ésteres possam ser utilizados como combustível (Van Gerpen *et al.*, 2005).

A etapa de separação do glicerol é muito importante para que se obtenha um produto de qualidade, livre de impurezas e que não apresente riscos de corrosão aos motores. De acordo com a especificação, o limite máximo permitido de glicerol no biodiesel é de 0,02% (ANP, 2008). Um alto teor de glicerol livre pode resultar na formação de duas fases, causando problemas durante o armazenamento e no sistema de injeção de combustível. O glicerol livre é associado, também, com depósitos no fundo dos tanques de combustível atraindo outros contaminantes, como a água, aumentando, assim, a corrosão do motor e diminuindo a sua vida útil. Além disso, a queima do glicerol a partir de 180 °C junto com o biodiesel pode causar a emissão de acroleína, uma substância altamente tóxica para o ambiente (Çetinkaya e Karaosmanoglu, 2004; Monteiro *et al.*, 2008).

Após a etapa de separação do glicerol, usualmente realizada por decantação ou centrifugação, são necessárias etapas posteriores de purificação dos ésteres. Os processos convencionais utilizam um grande volume de água, que varia de acordo com as impurezas presentes e proporciona a geração de uma grande quantidade de efluente que deve ser corretamente disposto (Atadashi *et al.*, 2011).

Como alternativa, podem ser utilizados métodos de purificação por via seca, como a adsorção. Além da redução de efluentes, este método de purificação possibilita o aumento da qualidade do biocombustível e a redução do tempo de produção. Atualmente, há adsorventes específicos comercializados para purificação de biodiesel

como: carvão ativado, silicato de cálcio, fosfato de magnésio, Magnesol® e as resinas Purolite® PD206 e Amberlite® BD10 Dry (Atadashi et al., 2011).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do carvão de casca de coco como adsorvente para a purificação do biodiesel determinando a melhor condição de processo por meio das curvas cinéticas e do teor de glicerol em função da concentração de adsorvente.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### Produção do biodiesel

Para a produção do biodiesel, foram utilizados óleo de milho neutro (densidade 0,915 g.cm<sup>-3</sup> e índice de acidez 1,359 mgKOH.g<sup>-1</sup> amostra) fornecido pela empresa Caramuru (Apucarana, Paraná) e óleo de milho refinado comercial (densidade 0,914 g.cm<sup>-3</sup> e índice de acidez 0,395 mgKOH.g<sup>-1</sup> amostra). As características dos óleos foram determinadas de acordo com a metodologia oficial da AOCS. O biodiesel foi produzido por transesterificação etílica dos óleos, utilizando a razão molar óleo: álcool de 1:7,5 e 1% de NaOH em relação à massa de óleo. Após uma hora de reação na temperatura 45°C, a mistura reacional foi submetida a um evaporador rotativo sob vácuo de 600 mmHg em 65°C para a recuperação do etanol. Após a evaporação do álcool, a mistura foi transferida para um funil de decantação para a separação das fases.

### Purificação do biodiesel

Para a adsorção, foi utilizado o carvão vegetal de casca de coco com granulometria de 20/40 (MESH). As características do adsorvente foram determinadas a partir dos métodos de Brunauer-Emmet-Teller (BET) e Barrett-Joyner-Halenda (BJH) tendo como resultados uma área superficial específica de 712,4 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>, volume de poro de 0,0404 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> e raio do poro de 20,83 Å.

A fase mais leve, contendo os ésteres, foi utilizada nos experimentos de adsorção. Em todos os experimentos, os teores inicial e final de glicerol foram determinados por meio de uma metodologia modificada, baseada no método oficial da AOCS para análise de glicerol livre em óleos e gorduras (Ca 14-56) (Pisarello et al., 2010).

### Cinéticas de adsorção

A estimativa do tempo necessário para que a concentração de glicerol no adsorvente atingisse o equilíbrio em relação ao sobrenadante foi realizada por meio de cinéticas de adsorção. Os ensaios foram realizados em batelada utilizando uma incubadora shaker em temperaturas de 25°C e 40°C.

Foram adicionados 2,0 g de adsorvente em erlenmeyers de 250 mL contendo 50 mL de biodiesel e deixados sob agitação de 150 rpm por tempos pré-determinados (1, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos). Após cada um dos períodos de tempo, o erlenmeyer correspondente foi retirado e seu conteúdo foi submetido ao processo de filtração a vácuo, para separar o biodiesel do adsorvente.

### Teor de glicerol em função da concentração de adsorvente

A capacidade adsortiva do adsorvente foi estudada com o intuito de determinar a massa ideal a ser utilizada para obter um desempenho máximo na purificação do biodiesel. Estes experimentos também foram realizados em batelada, em incubadora shaker, nas temperaturas de 25 °C e 40 °C.

Nesta etapa, o adsorvente foi adicionado nas concentrações de 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 300 e 500 g.L<sup>-1</sup> em erlenmeyers de 250mL contendo 50 mL de biodiesel e deixados sob agitação de 150 rpm durante o período de 180 minutos. Posteriormente, o biodiesel foi separado do adsorvente por filtração a vácuo e o teor de glicerol nas amostras foi determinado.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cinéticas de adsorção em batelada

A Figura 1 apresenta as curvas cinéticas de adsorção do glicerol presente no biodiesel etílico produzido a partir do óleo de milho neutro. Os resultados de remoção de glicerol do biodiesel em função do tempo de adsorção são mostrados na Figura 2. Em todas as amostras, a concentração de adsorvente foi de 40 g.L<sup>-1</sup>.

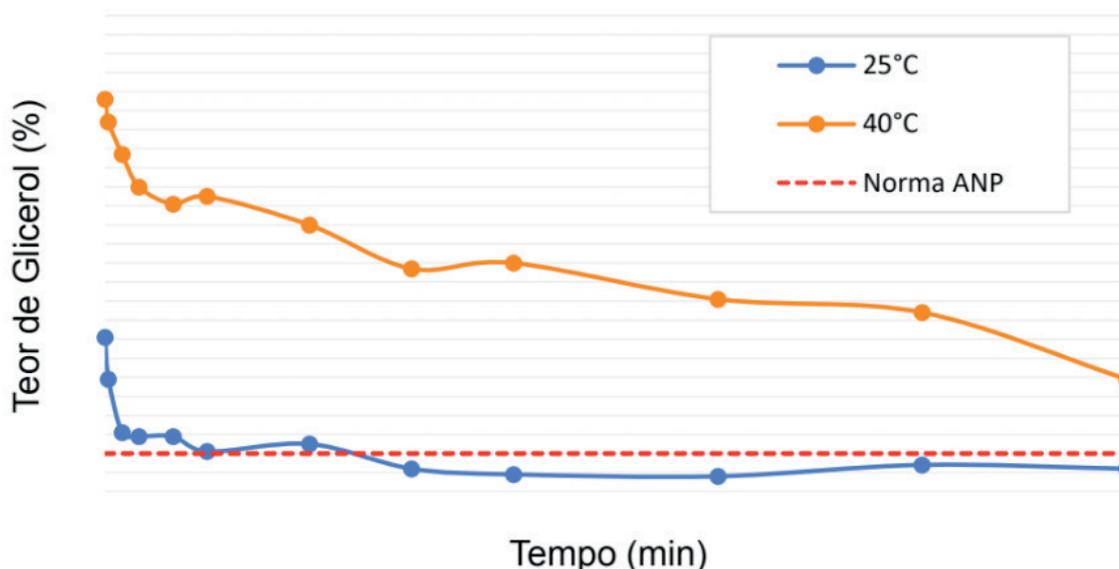


Figura 1. Curvas cinéticas de adsorção do glicerol presente no biodiesel de óleo de milho neutro, em carvão vegetal.

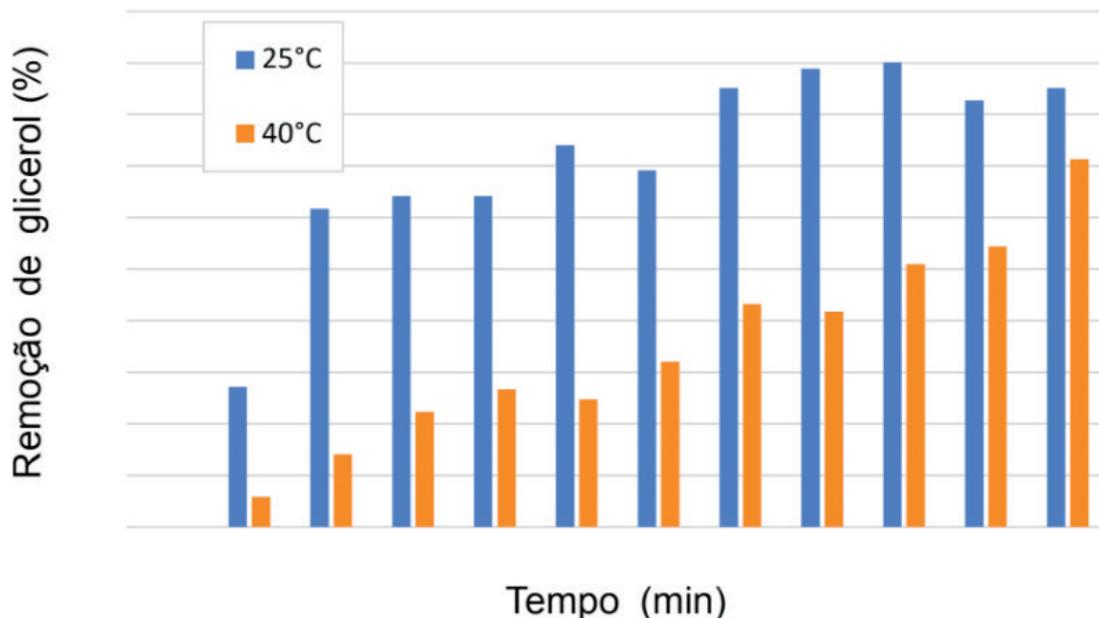


Figura 2. Remoção do glicerol presente no biodiesel de óleo de milho neutro

Para as duas temperaturas avaliadas, a remoção de glicerol aumentou com o aumento do tempo de contato. Os resultados indicam que o aumento da temperatura de 25 °C para 40 °C proporcionou uma redução da capacidade de adsorção do glicerol no carvão vegetal. O aumento da temperatura proporciona a redução da viscosidade do biodiesel e, conseqüentemente, a redução da resistência à transferência de massa, favorecendo a adsorção. No entanto, esta redução da viscosidade pode ter favorecido a adsorção de outras substâncias presentes no biodiesel, como os sabões provenientes de reações paralelas de saponificação devido à acidez mais elevada do óleo de milho neutro. Provavelmente, a adsorção destas substâncias prejudicou a adsorção do glicerol, reduzindo sua remoção com o aumento da temperatura. Em 25 °C, uma remoção de glicerol elevada foi observada durante todo o tempo de experimento, de modo que 70% de remoção foi alcançada após 30 minutos de contato. É importante destacar que a partir de 90 minutos de contato, o teor de glicerol no biodiesel já era menor do que o máximo valor especificado pela legislação (0,02 %) e o equilíbrio foi atingido após 120 minutos.

Os resultados obtidos para os ensaios cinéticos utilizando o biodiesel produzido a partir do óleo de milho refinado são apresentados nas Figuras 3 e 4 abaixo.

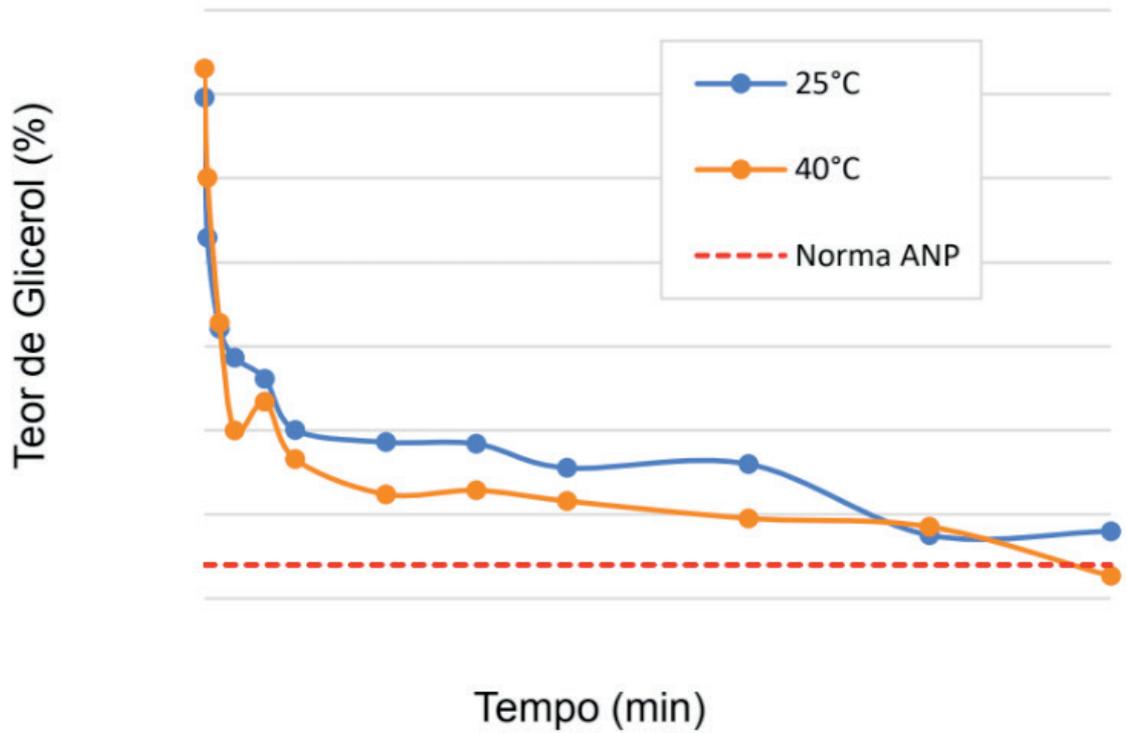


Figura 3. Curvas cinéticas de adsorção do glicerol presente no biodiesel de óleo de milho refinado, em carvão vegetal.

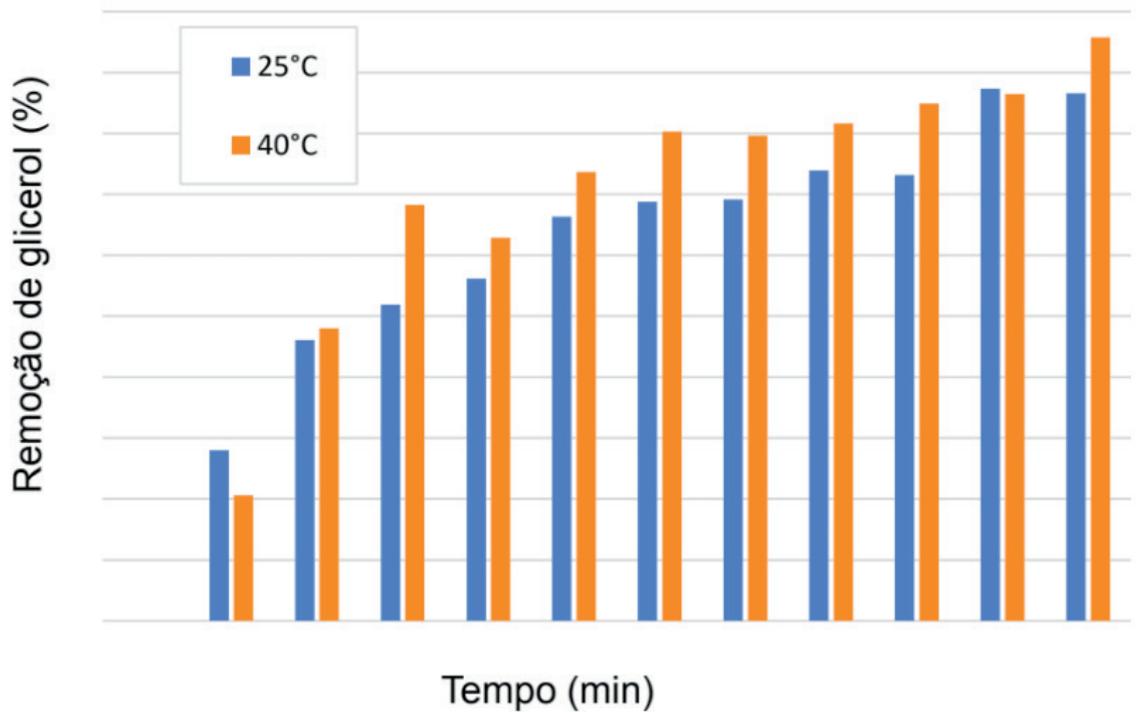


Figura 4. Remoção do glicerol presente no biodiesel de óleo de milho refinado

O mesmo comportamento de aumento de remoção de glicerol ao longo do tempo foi observado na purificação do biodiesel de óleo de milho refinado, para as duas temperaturas avaliadas. No entanto, diferentemente do biodiesel de óleo de milho neutro, o aumento da temperatura favoreceu a adsorção do glicerol no carvão, concordando

com o fato deste biodiesel apresentar uma menor quantidade de substâncias, além do glicerol, que também pudessem ser adsorvidas. Apesar dos valores elevados de remoção desde o início do processo, o teor de glicerol só ficou abaixo de 0,02 % no maior tempo avaliado, 300 minutos, na temperatura de 40 °C. Provavelmente, a quantidade de adsorvente foi baixa em relação à concentração elevada de glicerol no biodiesel inicial, ocorrendo a saturação antes do fim do processo. O tempo de equilíbrio, para as duas temperaturas, foi atingido em torno de uma hora de contato.

### Avaliação do teor de glicerol em função da concentração de adsorvente

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os resultados das curvas de adsorção do glicerol do biodiesel de óleo de milho neutro e do biodiesel de óleo de milho refinado, respectivamente.

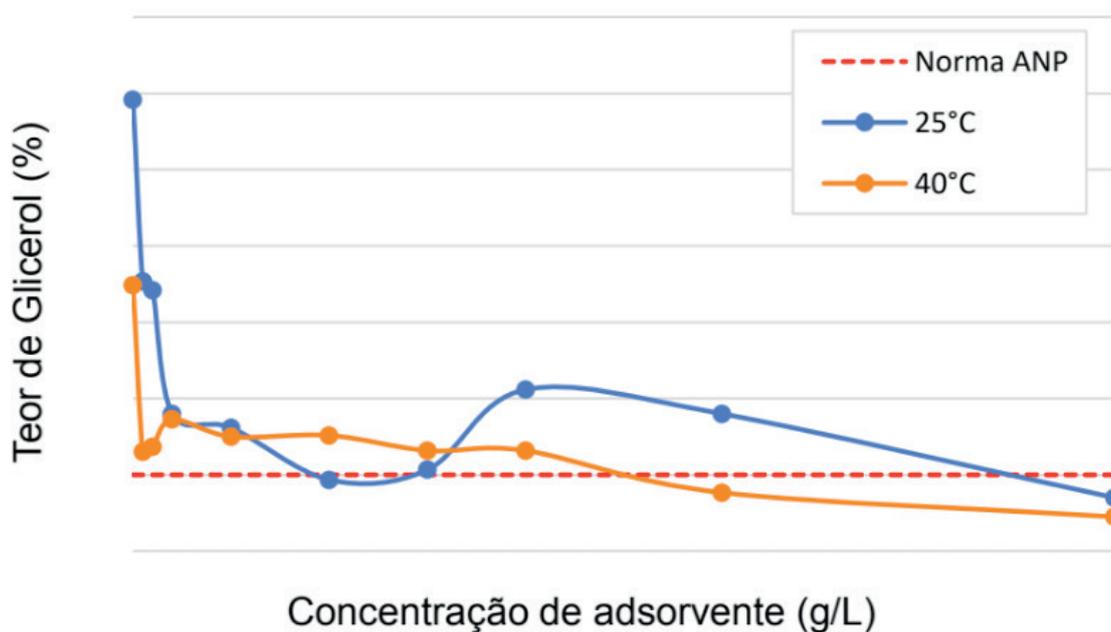


Figura 5. Teor de glicerol livre em função da concentração de adsorvente na purificação do biodiesel de óleo de milho neutro

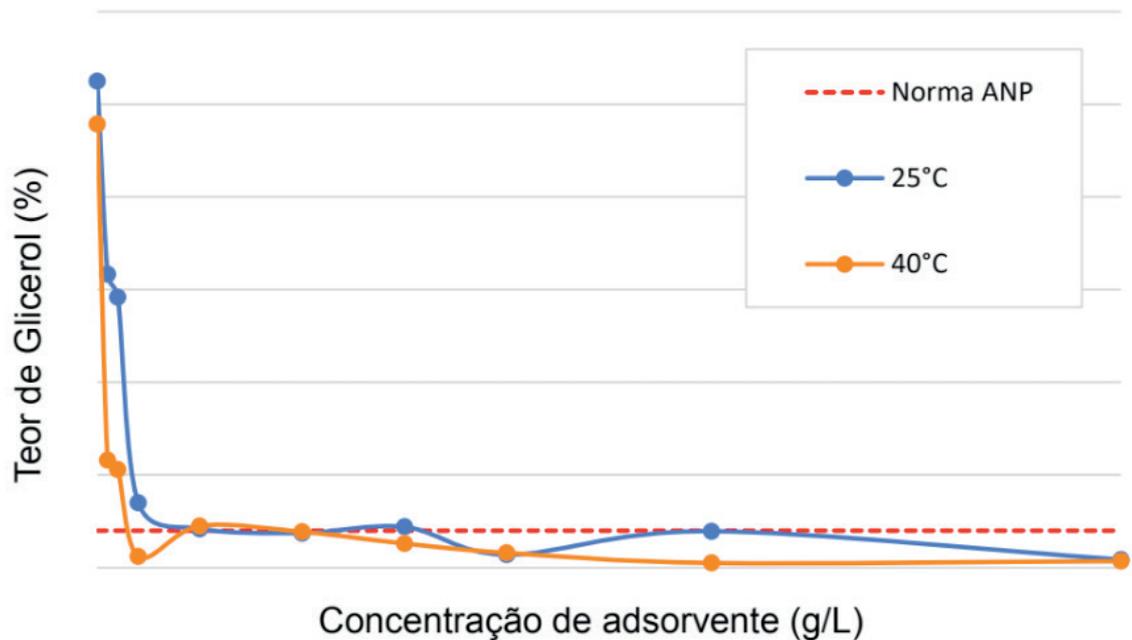


Figura 6. Teor de glicerol livre em função da concentração de adsorvente na purificação do biodiesel de óleo de milho refinado

Nas duas temperaturas avaliadas, tanto para o biodiesel de óleo de milho neutro quanto para o biodiesel de óleo de milho refinado, houve um aumento da remoção de glicerol com o aumento da concentração de adsorvente utilizada, já que há um aumento da área disponível para a adsorção. Porém, nos ensaios utilizando o óleo de milho neutro, na temperatura de 25 °C foi observada uma diminuição da remoção quando utilizadas as concentrações de 200 e 300 g.L-1 de adsorvente. Acredita-se que estes resultados podem ser atribuídos à agitação insuficiente durante o tempo de contato ou à sensibilidade da análise titulométrica de quantificação do glicerol.

Os melhores resultados foram obtidos utilizando o biodiesel de óleo de milho refinado, em que o teor máximo de glicerol exigido para a comercialização do biodiesel foi alcançado a partir da concentração de 50 g.L-1 de adsorvente para as duas temperaturas avaliadas. Acima desta concentração, o aumento da remoção se tornou menos acentuado. Considerando a temperatura de 40 °C, que possibilitou resultados mais estáveis, a maior remoção (98,3%) foi alcançada utilizando 300 g.L-1 de adsorvente, que proporcionou uma concentração de glicerol igual a 0,003%. Além disso, o biodiesel purificado apresentou densidade igual a 0,8721 g.mL-1, que também está dentro das normas da ANP.

Os resultados obtidos neste trabalho são importantes uma vez que o carvão vegetal de casca de coco é um adsorvente de baixo custo que é produzido a partir de um resíduo. Sendo assim, seu uso na purificação de biodiesel pode proporcionar, também, vantagens econômicas.

A literatura apresenta alguns estudos de adsorção utilizando adsorventes alternativos para a purificação de biodiesel e os resultados publicados são comparáveis

aos obtidos neste trabalho. Alves et al. (2016) utilizaram bagaço de cana-de-açúcar como adsorvente para o tratamento de biodiesel e demonstraram que o uso de 0,5%, em massa, de adsorvente foi eficiente para remover 40% do glicerol presente no biodiesel, resultando em um produto final com teor de glicerol menor do que 0,02%. Manique et al. (2012) também avaliaram a purificação do biodiesel por adsorção com cinzas de casca de arroz e obtiveram uma remoção de glicerol de 50% quando a concentração de adsorvente foi de 5%.

Para que uma comparação pudesse ser estabelecida, o biodiesel também foi purificado por meio de lavagens com água acidificada. A lavagem do biodiesel de óleo de milho neutro proporcionou uma remoção de 70,3% do glicerol presente no meio, de modo que a concentração de glicerol no produto final foi de 0,021%. Já para o biodiesel de óleo de milho refinado, a lavagem foi mais eficiente, em razão da menor quantidade de impurezas presentes, e a concentração de glicerol final foi de 0,016%, representando uma remoção de 93,3%. Apesar da eficiência da lavagem na purificação do biodiesel, este processo apresenta a desvantagem de produzir uma grande quantidade de efluente que deve ser tratado para a disposição final.

Considerando que as etapas de lavagem com água tradicionalmente usadas podem ser substituídas pelo processo de adsorção e que este processo proporcionou teores reduzidos de glicerol no biodiesel purificado, este estudo demonstra perspectivas de aprimoramento do processo de purificação de biodiesel.

## 4 | CONCLUSÕES

Os métodos de purificação a seco apresentam-se como alternativa para a redução da quantidade de água utilizada na etapa de purificação do biodiesel. Além disso, o uso de resíduos como adsorventes pode proporcionar a redução de custos no processo. Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que o adsorvente estudado, o carvão vegetal obtido a partir de casca de coco, pode ser empregado na purificação do biodiesel utilizando a concentração de adsorvente de 100 g/L e tempo de 3 horas, para que a adsorção seja eficiente e resulte em um biodiesel dentro das especificações da ANP.

## REFERÊNCIAS

ANP, 2008. National Petroleum Agency. **ANP Resolution Number 7**, March 19, 2008. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/petro/biodiesel.asp>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

ALVES, M.J.; CAVALCANTI, I.V.; RESENDE, M.M.; CARDOSO, V.L.; REIS, M.H. **Biodiesel dry purification with sugarcane bagasse**, Industrial Crops and Products, v. 89, p. 119-127, 2016.

ATADASHI, I.M.; AROUA, M.K.; AZIZ, A.R.A.; SULAIMAN, N.M.N. **Refining technologies for the purification of crude biodiesel**, Applied Energy, v. 88, p. 4239-4251, 2011.

ÇETINKAYA, M.; KARAOSMANOĞLU, F. **Optimization of base-catalyzed transesterification reaction of used cooking oil.** Energy and Fuels, v. 18, p. 1888-1895, 2004.

KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P., **Manual de biodiesel**, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2006, 340 p.

M.C. Manique, C.S. Faccini, B. Onorevoli, E.V. Benvenuti, E. B. Caramão, **Rice husk ash as an adsorbent for purifying biodiesel from waste frying oil**, Fuel, v. 92, p. 56-61, 2012.

MONTEIRO, M. R.; AMBROZIN, A. R. P.; LIÃO, L. M.; FERREIRA, A. G. **Critical review on analytical methods for biodiesel characterization.** Talanta, v. 77, p.593-605, 2008.

PISARELLO, M. L. et al. **Volumetric method for free and total glycerin determination in biodiesel**, Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 49, p. 8935-8941, 2010.

VAN GERPEN, Jon. **Biodiesel processing and production.** Fuel Processing Technology, v.86, p. 1097-1107, 2005.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-085-8

