



# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

---

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Natália Sandrini 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
134	Impactos das tecnologias na engenharia química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-231-9 DOI 10.22533/at.ed.319190104  1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.  CDD 660.76
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

O acentuado crescimento da população mundial, bem como a ânsia de melhor nível de vida, têm criado elevadas pressões sobre os recursos naturais, matérias-primas, o solo, a água, o ar e os ecossistemas em geral. A intensificação das atividades humanas nas últimas décadas tem gerado um acelerado aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, tornando-se um grave problema para as administrações públicas.

A indústria química tem contribuído para a geração de efluentes líquidos e gasosos contendo substâncias tóxicas, bem como de resíduos sólidos perigosos que, lançados diretamente ou indiretamente sem qualquer tratamento no meio ambiente, podem provocar grandes desequilíbrios ecológicos. O uso intensivo de produtos químicos, se por um lado trouxe elevados benefícios aos padrões de vida, por outro lado, os níveis de poluição que estão associados à sua produção são por vezes muito elevados.

As novas tecnologias na Engenharia Química auxiliam nos processos de recuperação e reutilização de resíduos, assim como conversão em novas fontes de energia. Além das diversas formas de obtenção de energia renovável já existente, cada vez mais vem surgindo uma maior procura por outras formas de energia não poluentes. Essas razões são as mais motivacionais: a ideia de uma possível escassez de recursos fósseis, a tentativa de reduzir as emissões de gases nocivos para a atmosfera e que causam o efeito estufa, e, além disso, almeja se alcançar certa independência em relação petróleo.

As questões energéticas são extremamente importantes para a sustentabilidade das sociedades modernas, uma vez que a sobrevivência humana depende do fornecimento contínuo de energia. Esse cenário faz com que seja preciso realizar buscas por alternativas energéticas que sustentem a necessidade humana e que não prejudiquem o ambiente.

Para empresas, além da questão ambiental, um excessivo gasto de energia (advinda de recursos não renováveis) é sinônimo de prejuízo. Eis então uma grande oportunidade para engenheiros químicos intervirem na melhoria da eficiência energética dos processos, ajudar a desenvolver tecnologias limpas e promover a utilização de energias alternativas nas indústrias. Com isso, ocorrerá uma redução de custos e será uma contribuição válida ao meio ambiente o que hoje em dia vem gerando maior competitividade para as empresas. O uso de resíduos agrícolas como fonte de bioenergia tem despertado crescente interesse no setor de agroenergia.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com impactos tecnológicos relacionados à indústria, focando na reutilização de produtos e conversão em energia renovável, bem como avanço nos processos para redução da poluição atmosférica e em efluentes. Com isso, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos da Engenharia Química voltada para a área ambiental trazendo benefícios para toda a sociedade.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO METAIS PESADOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira	
Pedro Henrique Trindade Dias Cabral	
Roberta Resende Maciel da Silva	
Carla Torres Dias	
José Renato Guimarães	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO COMO MATÉRIA PRIMA DO ETANOL 2G: ATUALIDADES E PERSPECTIVAS	
Caroline Müller	
Letícia Mara Milani	
Anderson Giehl	
Évelyn Taize Barrilli	
Letícia Deoti	
Ana Carolina Lucaroni	
Viviani Tadioto	
Helen Treichel	
Sérgio Luiz Alves Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM BIORREATOR EM BATELADA ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS CINÉTICOS POR ALGORITMO GENÉTICO	
Júlia do Nascimento Pereira Nogueira	
Ana Luiza Bandeira de Mello de Albuquerque Campos	
Brunno Ferreira dos Santos	
Filipe Alves Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO <i>METARHIZIUM ANISOPLIAE</i> POR PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO	
Eloane Daize Gomes Dallastra	
Enylson Xavier Ramalho	
Lina María Grajales Agudelo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo	
Kátya Regina de Freitas Zara	
Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
INFLUÊNCIA DA GORDURA RESIDUAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS DE AVES NA FABRICAÇÃO DE BASE PARA CREME HIDRATANTE	
Jacqueline Hahn Bernardi Cristina Helena Bruno Andreia Cristina Furtado Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>58</b>
ANÁLISE DA COMPRESSÃO AXIAL E ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CONCRETO PRODUZIDO COM CAROÇO RESIDUAL DE AZEITONA	
Manoela Silva Lima Mariotini Carotta Alan Carlos de Almeida Ana Paula de Carvalho Faria Luiz Felipe Lima Panizzi Jonas dos Santos Pacheco Cristiane de Souza Siqueira Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>63</b>
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO NA FIBRA DE COCO PARA UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITO POLIMÉRICO	
Wenderson Gomes dos Santos Gilmar Alves Borges Lauro Henrique Hamoy Guerreiro Dilson Nazareno Pereira Cardoso Douglas Alberto Rocha de Castro Emerson Cardoso Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>68</b>
INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS ORGANOSOLV E HIDROTÉRMICO APLICADOS AO BAGAÇO DE CANA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS COM PEAD	
Bruno Chaboli Gambarato Tatiana Raposo de Paiva Cury Sérgio Teodoro de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>74</b>
PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO RECICLADO REFORÇADOS COM BAGAÇO DE CANA	
Bruno Chaboli Gambarato Gilson Carlos Rodrigues Paulino Amanda Santos Leopoldino Lucas Bruno de Paiva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010410</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 79**

**BALANÇO ENERGÉTICO DO SISTEMA INTEGRADO DE BIO-COMBUSTÃO**

Ihana Aguiar Severo  
Yuri Naidon Favero  
Mariany Costa Deprá  
Rodrigo Stefanello Bizello Barrios  
Rosangela Rodrigues Dias  
Mariane Bittencourt Fagundes  
Roger Wager  
Leila Queiroz Zepka  
Eduardo Jacob-Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.31919010411**

**CAPÍTULO 12 ..... 85**

**CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO BIOMASSA PARA BIOENERGIA**

Maria Lúcia Ferreira Simeone  
Patrícia Abraão de Oliveira  
Kirley Marques Canuto  
Rafael Augusto da Costa Parrella  
Cynthia Maria Borges Damasceno  
Robert Eugene Schaffert

**DOI 10.22533/at.ed.31919010412**

**CAPÍTULO 13 ..... 90**

**DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO**

Flávia Souza Pio  
Letícia Tamara Santana  
Lorena Kelly Corrêia  
Francine Duarte Castro

**DOI 10.22533/at.ed.31919010413**

**CAPÍTULO 14 ..... 97**

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMA DE VALOR NO CONTORNO ASSOCIADO À MODELAGEM DE BIORREATORES TUBULARES DE FLUXO DISPERSO E CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN LINEARIZADA**

Samuel Conceição Oliveira  
Felipe Coelho Morilla

**DOI 10.22533/at.ed.31919010414**

**CAPÍTULO 15 ..... 104**

**SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE CICLOS A VAPOR PARA COGERAÇÃO DE BIOENERGIA NO SETOR SUCROENERGÉTICO**

Welban Ricardo Ursino  
Samuel Conceição Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.31919010415**

**CAPÍTULO 16 ..... 114**

AVALIAÇÃO DE ÓLEOS DE SOJA COM DIFERENTES ORIGENS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL VIA ROTA METÁLICA

Melissa Rafaela Wolf  
Isabela Silveira Tobias Perassi  
Nadine de Assis  
Fulvy Antonella Venturi Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.31919010416**

**CAPÍTULO 17 ..... 123**

PRODUÇÃO DE BIODIESEL PELA TRANSESTERIFICAÇÃO SUPERCRÍTICA ETANÓLICA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Erich Potrich  
Bruno Elias Suzart Chamas  
Antonio José Gonçalves da Cruz  
Roberto de Campos Giordano

**DOI 10.22533/at.ed.31919010417**

**CAPÍTULO 18 ..... 129**

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO CÉLULAS DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE IMOBILIZADAS EM ESFERAS DE ALGINATO DE CÁLCIO REVESTIDAS COM QUITOSANA

Lucidio Cristovão Fardelone  
Taciani do Santos Bella de Jesus  
Leonardo Akira Kamimura Oura  
Gustavo Paim Valença  
José Roberto Nunhez  
José Augusto Rosário Rodrigues  
Paulo José Samenho Moran

**DOI 10.22533/at.ed.31919010418**

**CAPÍTULO 19 ..... 137**

AUTOMAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM SENSORES E ATUADORES APLICADOS NA PLANTA DE TRATAMENTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Thalys de Freitas Fernandes  
Dinilton Pessoa de Albuquerque Neto  
Gerônimo Barbosa Alexandre  
José Nilton Silva

**DOI 10.22533/at.ed.31919010419**

**CAPÍTULO 20 ..... 157**

ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE FENTON COM PÓ DE MINÉRIO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE BIODIESEL E AVALIAÇÃO DA LIXIVIABILIDADE DO RESÍDUO

Jamyla Soares Anício Oliveira Félix  
Aline Givisiez de Souza  
Francine Duarte Castro

**DOI 10.22533/at.ed.31919010420**

**CAPÍTULO 21 ..... 173**

APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO CALCINADO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DIESEL

Leonardo Henrique de Oliveira  
Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza  
Antônio Augusto Ulson de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.31919010421**

**CAPÍTULO 22 ..... 178**

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA DE POLARIZAÇÃO DE UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL TIPO PEM

Roque Machado de Senna  
Thais Santos  
Henrique Senna  
Marcelo Linardi

**DOI 10.22533/at.ed.31919010422**

**CAPÍTULO 23 ..... 187**

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA INDIVIDUAL DE COLETA E GLOBAL NA SEPARAÇÃO DE PARTICULADOS DE MAGNESITA EM CICLONE LAPPLE

Polyana Gomes de Aguiar  
Daiane Ribeiro Dias  
Annanda Alkmim Alves  
Mariana Oliveira Marques  
João Carlos Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.31919010423**

**CAPÍTULO 24 ..... 194**

ANÁLISE DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (PAH) NO AR ATMOSFÉRICO USANDO SISTEMA PASSIVO DE AMOSTRAGEM PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL

Aldo Muro Júnior  
Nicola Pittet Muro  
Nelson Roberto Antoniosi Filho  
Maria Isabel Ribeiro Alves

**DOI 10.22533/at.ed.31919010424**

**CAPÍTULO 25 ..... 213**

CAPTURA DE CO<sub>2</sub> UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING

Juliana Alves da Silva  
Ricardo José Chimentão  
João Batista Oliveira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.31919010425**

**CAPÍTULO 26 ..... 224**

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO QUÍMICO DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub> UTILIZANDO A TECNOLOGIA HIGEE NA INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira  
José Renato Guimarães  
Brenda Sedlmaier Costa Coelho  
Camila Ceravolo de Carvalho  
Francine Silveira Vieira  
Luiza Moreira Santos  
Jorge David Alguiar Bellido

**DOI 10.22533/at.ed.31919010426**

**CAPÍTULO 27 ..... 232**

Zn-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH<sub>4</sub>

Guilherme Andreoli Gil  
Guilherme Otávio Lima  
Lucas Mendes Pedro  
Bianca Bastos Caruzi  
Fabrício Maestá Bezerra  
Murilo Pereira Moisés

**DOI 10.22533/at.ed.31919010427**

**CAPÍTULO 28 ..... 239**

INIBIDOR DE CORROÇÃO OBTIDO POR LIXIVIAÇÃO DE CIGARRO APÓS SEU CONSUMO

Lauren Marcilene Maciel Machado  
Luciana Rodrigues Machado

**DOI 10.22533/at.ed.31919010428**

**CAPÍTULO 29 ..... 249**

ENRIQUECIMENTO DE BACTÉRIAS REDUTORAS DE SULFATO AUTÓCTONES E SUA ADESÃO EM ESPUMA DE POLIURETANO EM REATOR ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Alessandra Giordani  
Renata Piacentini Rodriguez  
Leonardo Henrique Soares Damasceno  
Gunther Brucha

**DOI 10.22533/at.ed.31919010429**

**CAPÍTULO 30 ..... 255**

BIODEGRADAÇÃO DO SURFACTANTE LINEAR ALQUILBENZENO SULFONATO DE SÓDIO EM DOIS DETERGENTES LIQUIDOS COMERCIAIS UTILIZANDO FUNGO FILAMENTOSO *Penicillium crustosum*

Sulamita Aparecida Ambrosia dos santos  
Luiza Maria Amaral Frossard de Paula  
Mayara Costa Franco  
Karen Sartori Jeunon Gontijo  
Ana Maria de Oliveira  
Enio Nazaré de Oliveira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.31919010430**

**CAPÍTULO 31 ..... 272**

DEGRADAÇÃO DE CORANTES ALIMENTÍCIOS UTILIZANDO LAFeO<sub>3</sub> COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON SOLAR

Patrícia Grassi  
Fernanda Caroline Drumm  
Siara Silvestri  
Sérgio Luiz Jahn  
Edson Luiz Foletto

**DOI 10.22533/at.ed.31919010431**

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>281</b>
DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE RODAMINA B COM UM CATALISADOR À BASE DA BIOMASSA PORONGO: EFEITO DA DOPAGEM COM FERRO	
William Leonardo da Silva	
Mariéle Schaedler Nascimento	
Matheus Severo Schalenberger	
Joana Bratz Lourenço	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010432</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>287</b>
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO $\text{TiO}_2$ E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>303</b>
CARACTERIZAÇÃO DE CÁPSULAS DE CAFÉ PÓS CONSUMO VISANDO A RECICLAGEM NA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro	
Priscilla Sayuri Nakazawa	
Ana Maria Ferrari	
Ana Claudia Ueda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>315</b>
APPLICATION OF THE MARKOV CHAIN MONTE CARLO METHOD TO ESTIMATION OF PARAMETERS IN A MODEL OF ADSORPTION-ENHANCED REACTION PROCESS FOR MERCURY REMOVAL FROM NATURAL GAS	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
Mariana de Mattos Vieira Mello Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010435</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>322</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADOS EM CARVÃO ATIVADO DERIVADO DA CASCA DO COCO VERDE	
Natália Matos Silva Pereira	
Marta Cecília da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010436</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>334</b>

## AVALIAÇÃO DE ÓLEOS DE SOJA COM DIFERENTES ORIGENS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL VIA ROTA METÍLICA

### **Melissa Rafaela Wolf**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Departamento de Engenharia Química (Escola  
Politécnica)  
Curitiba – Paraná

### **Isabela Silveira Tobias Perassi**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Departamento de Engenharia Química (Escola  
Politécnica)  
Curitiba – Paraná

### **Nadine de Assis**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Departamento de Engenharia Química (Escola  
Politécnica)  
Curitiba – Paraná

### **Fulvy Antonella Venturi Pereira**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Departamento de Engenharia Química (Escola  
Politécnica)  
Curitiba – Paraná

**RESUMO:** Na busca por combustíveis alternativos com o propósito de minimizar o consumo de derivados de petróleo devido à alta emissão de gases poluentes, o biodiesel tem-se apresentado como uma alternativa acessível. Produzido a partir da transesterificação de óleos e gorduras na presença de álcool de cadeia curta, tem características que podem interferir no desempenho dos motores de combustão

interna. Desta forma, neste estudo objetivou-se realizar e analisar a produção de biodiesel via rota metílica a partir de óleo de soja virgem e residual (usado em frituras), na presença de hidróxido de sódio como catalisador, utilizando um planejamento experimental na otimização. Comparando o produto obtido oriundo de cada matéria-prima utilizada, avaliou-se suas características com intenção de obter um produto viável economicamente e atender aos padrões de qualidade para sua utilização no Brasil. Após testes e aperfeiçoamentos no procedimento, obteve-se elevado rendimento (97,53%) e valores satisfatórios para as propriedades físico-químicas do biocombustível.

**PALAVRA CHAVE:** Biodiesel; Biocombustível; Metanol; Óleo de Soja.

**ABSTRACT:** Searching alternative fuels with the purpose of minimizing the consumption of oil derivatives, which emit large amounts of polluting gases, biodiesel presents itself as an accessible alternative. This biofuel produced from the transesterification of oils and fats in the presence of short chain alcohol has characteristics that may interfere with the performance of internal combustion engines. Therefore, the aim of this study was to conduct and analyze the production of biodiesel via methyl route from virgin and residual (used in frying) soybean oil, in the presence of sodium

hydroxide as a catalyst, using an experimental design in the optimization. Comparing the product obtained from each raw material used, its characteristics were evaluated with the intention of obtaining a viable product and meeting the quality standards for its use in Brazil.

After tests and improvements in the procedure, it was possible to obtain a high yield (97,53%) and satisfactory values for the physicochemical properties of the biofuel.

**KEYWORDS:** Biodiesel; Biofuels; Methanol; Soybean Oil.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os derivados de combustíveis fósseis compõem as principais fontes energéticas no Brasil e no mundo, porém, se explorados de forma e quantidade inadequadas, podem se esgotar rapidamente (RAMOS *et al.*, 2011). Segundo Lôbo *et al.* (2009), com o propósito de atender a demanda energética mundial e devido à grande poluição causada pela queima de combustíveis fósseis como carvão, gasolina e óleo diesel, as buscas por fontes de energia alternativas estão em constante crescimento. Consequentemente, o uso da energia oriunda da biomassa está crescendo, sendo essa considerada uma ótima opção para substituir estes poluentes, pois é capaz de minimizar os problemas causados pelos mesmos.

Como alternativa ao diesel mineral, pode-se usar o biodiesel - um biocombustível atóxico, oriundo de fontes renováveis e que emite quantidades de gases poluentes inferiores aos derivados de petróleo nos processos de combustão. Além disso, proporciona menores desgastes nos motores de combustão interna e baixo risco de explosão, podendo ser utilizado em forma de mistura com o mesmo sem necessitar alterações no motor para a sua utilização (LÔBO *et al.*, 2009; VILLADIEGO *et al.*, 2015).

Obtido principalmente a partir da transesterificação catalítica básica dos triglicerídeos de gorduras e óleos com álcoois, como o metanol e o etanol, a reação de produção de biodiesel tem como subproduto o glicerol. De acordo com Lôbo *et al.* (2009), o rendimento desta reação depende muito do catalisador utilizado, do tipo do óleo, assim como do álcool, entre outros. O metanol, álcool muito empregado para transesterificação em escala comercial pelo alto rendimento e baixo custo, é altamente reativo, resultando em menor temperatura e tempo de reação, sendo assim, mais rápido e fácil do que o etanol, apesar deste último ser menos tóxico e renovável, produzido a partir de biomassa.

Em conformidade com Villadiego *et al.* (2015), as matérias-primas usadas habitualmente na produção de biodiesel são óleos de sementes oleaginosas, como girassol, soja, coqueiro, entre outras. Porém, a utilização destes requer extensos espaços para plantações e grande quantidade de água para regá-las, podendo gerar grandes despesas. Para resolver tal problema, cita-se a possibilidade da utilização de óleos residuais, ou seja, óleos que já foram utilizados para frituras em domicílios e restaurantes, gerando ainda um destino para os mesmos e evitando a poluição de

lagos e rios.

Conforme Barradas Filho (2015), Dapieve (2015) e Ramos *et al.* (2011), o biodiesel vem ganhando vários programas de incentivo à produção e uso nas últimas décadas, sendo que no Brasil as tentativas de implementação de biodiesel foram introduzidas na década de 1970. A produção de biodiesel a partir de óleo de soja é predominante no país, seguida por gordura bovina.

Desta forma, o presente estudo objetivou a obtenção do biodiesel a partir de óleo de soja residual e virgem via rota metálica, realizando a comparação de características e propriedades físico-químicas entre os óleos utilizados no processo e seus produtos. Visando melhoria nos resultados, um procedimento experimental de otimização foi elaborado variando o tempo de reação e a proporção entre óleo, metanol e catalisador, pretendendo aumentar o rendimento da reação e obter-se um produto dentro dos padrões requeridos e que possibilite bom funcionamento do motor.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Produção de Biodiesel

Primeiramente, realizou-se uma filtração a vácuo no óleo residual para remover impurezas oriundas de utilizações anteriores e armazenou-o em frasco fechado, sendo esta etapa a única diferença entre os processos de produção a partir de óleo virgem do óleo residual.

Mensurou-se 250 mL de metanol com auxílio de uma proveta e transferiu-o para um béquer de 500 mL, juntamente com 5,0 g de hidróxido de sódio P.A.. Os reagentes foram misturados com auxílio de agitador mecânico até completa dissolução do catalisador. Posteriormente, 500 mL de óleo de soja foram aquecidos até 45 °C e adicionou-se a mistura de metanol e catalisador. Homogeneizou-se a mistura com o agitador magnético durante 5 minutos e posteriormente, mais 5 minutos com auxílio de bastão de vidro. A mistura foi colocada em um funil de decantação por aproximadamente 24 horas, até completa separação de fases. A glicerina, de cor escura e depositada no fundo do funil de separação, foi retirada e armazenada em frasco âmbar.

Subseqüentemente, realizou-se uma lavagem no biodiesel, constituída pelo mesmo volume de água em relação ao biodiesel, aquecida a 90 °C e colocada no funil de separação, seguida de leve agitação e decantação até completa separação das fases. Após, a água contendo o excesso de metanol foi retirada e realizou-se uma filtração a vácuo no produto. Em seguida, verificou-se a massa e o volume do biodiesel formado e armazenou-o em frasco âmbar.

### 2.2 Otimizações

Com o propósito de otimização dos resultados obtidos com o procedimento experimental acima descrito, realizou-se um planejamento fatorial 2<sup>3</sup>, variando o tempo

de reação, a massa do catalisador e a proporção metanol:óleo utilizada, parâmetros com grande influência no rendimento do produto. Permaneceram constantes durante todo o procedimento, o volume de óleo utilizado (500 mL) e a temperatura de reação. A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados.

Ensaio	Razão volumétrica óleo:metanol	Massa de catalisador (g)	Tempo de reação (min)
1	4:1	2,5	6
2	1:1	7,5	20
3	4:1	2,5	20
4	4:1	7,5	6
5	1:1	2,5	20
6	1:1	7,5	6
7	4:1	7,5	20
8	1:1	2,5	6
9	2:1	5,0	10

Tabela 1 – Ensaios realizados no planejamento experimental

Fonte: o autor, 2017.

### 2.3 Caracterização do Biodiesel e do Óleo de Soja utilizado

Para a caracterização do produto obtido, realizou-se as análises seguintes.

Massa específica: Determinou-se a aproximadamente 20°C com auxílio de um densímetro com escala 0,8 a 0,9 g/mL. Os ensaios foram realizados em triplicata por amostra.

Índice de acidez: Determinou-se o índice de acidez através da titulação com solução de hidróxido de potássio 0,1 mol/L, conforme a norma ASTM D2500-05 descrita por Chendynski et al (2014).

Ponto de névoa: Verificado de acordo com norma ASTM D2500, citada por Dapieve (2015), onde monitorou-se o resfriamento da amostra em banho de gelo, verificando a presença de pequenos sedimentos.

Teor de umidade: 5 g da amostra foram pesadas, colocadas em cadinho já dessecado com o auxílio da pipeta e levados à estufa a 105 °C. Após 24 horas, retirou-se a amostra da estufa e pesou-se. O teor de umidade foi calculado através da Equação 1, descrita por Oliveira et al. (2015), onde TU indica o teor de umidade,  $v_f$  o volume final e  $v_i$  o volume inicial de amostra.

$$TU = \frac{v_f - v_i}{v_i} * 10$$

(Equação 1)

Para o óleo de soja, analisou-se a massa específica e o índice de acidez, seguindo

a mesma metodologia já citada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise de Rendimento da Reação

O rendimento da reação de transesterificação foi calculado fundamentando-se na massa de óleo de soja inicial e na massa do biodiesel obtida ao final da reação, segundo a Equação 2.

$$Re = \frac{\text{massa de biodiesel obtida}}{\text{massa de óleo utilizada}} * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Segundo Santos (2015), o rendimento da reação é um fator bastante importante economicamente e pode ser afetado com a mudança no tempo de reação, na temperatura e também pelas condições em que as matérias-primas se encontram, como índice de acidez e umidade do óleo. A Tabela 2 apresenta o rendimento das reações de transesterificação no ponto central do planejamento experimental.

Óleo	Virgem	Residual
Re (%)	97,53 ± 0,02	94,13 ± 0,52

Tabela 2 – Rendimentos das reações de transesterificação

Fonte: o autor, 2017.

A alta pureza dos reagentes e matéria-prima explica o alto rendimento obtido nos experimentos. Pode-se observar uma diferença no rendimento do biodiesel a partir do óleo virgem e do óleo residual, a qual pode-se fundamentar no fato de que, por mais que o óleo residual tenha passado apenas por um processo de cocção e seja realizada uma filtração à vácuo anteriormente a reação, o mesmo pode conter pequenas impurezas, maior umidade e índice de acidez mais elevado (SANTOS, 2015). A Figura 1 retrata o biodiesel obtido a partir da matéria-prima diferenciada.

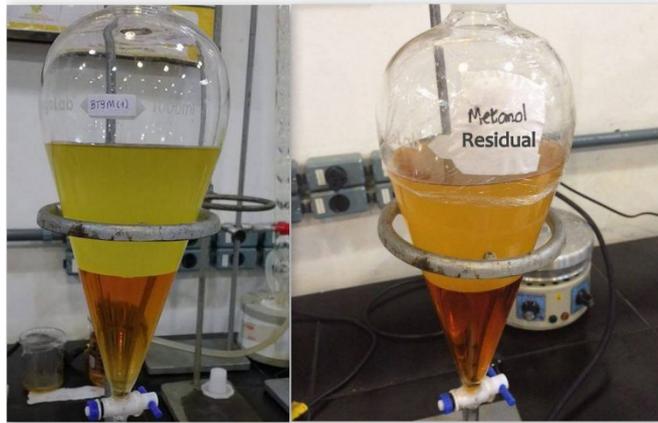


Figura 1 – Biodiesel a partir de óleo virgem e óleo residual, respectivamente

Fonte: o autor, 2017.

Pode-se observar a diferença na coloração do biodiesel, devido à maior acidez e impurezas do óleo de fritura.

### 3.2 Otimizações

A Tabela 3 apresenta o rendimento das reações para o planejamento experimental realizado. Os ensaios 2, 5, 6 e 8 apresentaram rendimento inferior aos demais. Pode-se observar que para esses ensaios, utilizou-se uma razão volumétrica 1:1 (óleo:metanol), ou seja, maior volume de metanol no meio reacional. Nestes casos, houve maior quantidade de sabão e de emulsões formadas, dificultando a separação do produto final e ocasionando grandes perdas, principalmente na lavagem do produto final (MOREIRA, 2009).

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rendimento (%)	95,68	62,19	95,69	89,34	56,78	55,84	90,43	86,49	97,53

Tabela 3 – Rendimento das Reações de Transesterificação

Fonte: o autor, 2016.

A Figura 2 apresenta um contorno da resposta do rendimento da reação, com o tempo de reação constante. Assim, pode-se observar que a menor massa de catalisador e razão volumétrica **óleo:metanol** resultaram em maior rendimento de reação, conforme os ensaios BT1, BT3 e BT9 demonstrados na Tabela 3.

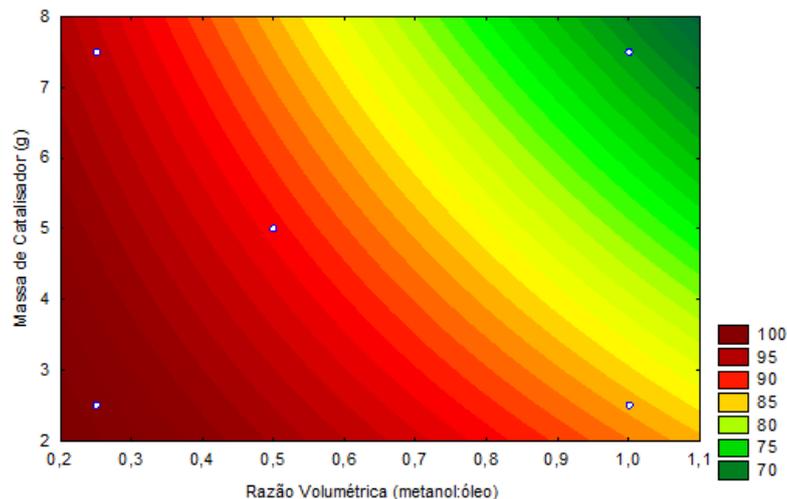


Figura 2 – Contorno de resposta do rendimento com variação da massa do catalisador e vazão volumétrica (metanol:óleo)

Fonte: o autor, 2017.

Ainda, pode-se constatar que o tempo de reação não teve grande influência no rendimento da reação, pois comparando os ensaios 1 e 3, por exemplo, onde manteve-se a mesma razão volumétrica óleo:metanol e a mesma quantidade de catalisador, variando apenas o tempo de reação, observa-se pouca variação no volume de biodiesel obtido.

### 3.3 Caracterização do Óleo de Soja utilizado e do Biodiesel

Para caracterização do biodiesel produzido, o óleo de soja também foi analisado, pois suas propriedades físico-químicas interferem diretamente no rendimento e na qualidade do produto obtido, sendo então muito importante para o processo (Santos, 2010). Assim, as propriedades dos óleos utilizados são apresentadas na Tabela 4.

Óleo	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	IA (mg KOH/g óleo)
Residual	905,0 ± 1,000	0,763 ± 0,103
Virgem	914,0 ± 0,034	0,478 ± 0,093

Tabela 4 – Propriedades dos óleos utilizados

Fonte: A autora, 2016.

As massas específicas obtidas estão condizentes com as avaliadas por Santos (2010) e a pequena diferença obtida entre os dois óleos provavelmente se deve a algumas alterações ocasionadas pela temperatura durante o processo de cocção. Ainda conforme Santos (2010), índices de acidez acima de 2 mg KOH/g óleo podem afetar negativamente o rendimento da reação. Os valores obtidos são considerados pequenos para impactar no rendimento da reação.

As características do biodiesel analisadas são evidenciadas na Tabela 5, para os

principais ensaios realizados.

Biodiesel	$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	IA (mg KOH/g óleo)	Ponto de Névoa ( $^{\circ}\text{C}$ )	TU (%)
Residual	877,4 $\pm$ 2,30	0,670 $\pm$ 0,222	0 $\pm$ 1	0,1282 $\pm$ 0,077
1	879,4 $\pm$ 9,71	0,322 $\pm$ 0,064	0 $\pm$ 1	0,2291 $\pm$ 0,202
3	882,8 $\pm$ 0,84	0,389 $\pm$ 0,101	0 $\pm$ 1	0,2582 $\pm$ 0,204
4	876,0 $\pm$ 0,64	0,276 $\pm$ 0,001	-1 $\pm$ 1	0,1393 $\pm$ 0,068
7	893,3 $\pm$ 2,59	0,312 $\pm$ 0,066	0 $\pm$ 1	0,7883 $\pm$ 0,085
9	881,0 $\pm$ 1,80	0,347 $\pm$ 0,097	-1 $\pm$ 1	0,1352 $\pm$ 0,085

Tabela 5 – Propriedades físico-químicas dos biodieseis obtidos

Fonte: o autor, 2016.

A massa específica do biodiesel influencia no funcionamento e desempenho do motor. De acordo com a norma ANP 07/2008, este parâmetro deve estar entre 850 e 900  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Todos os ensaios atenderam à essa exigência (LÔBO et al., 2009).

Ainda de acordo com esta norma, o índice de acidez reflete o grau de degradação do produto durante sua armazenagem e tem um limite máximo de 0,5 mg KOH/g amostra. O biodiesel obtido a partir de óleo residual obteve leve elevação neste parâmetro, provavelmente devido à matéria-prima ser mais ácida do que o óleo virgem.

O ponto de névoa é a temperatura onde se observa a formação dos primeiros cristais de hidrocarbonetos quando o biodiesel é submetido a baixas temperaturas. Segundo Dapieve (2015), geralmente utiliza-se  $0^{\circ}\text{C}$  como valor de referência para este parâmetro. Sendo assim, os valores são satisfatórios pois indicam que o biodiesel obtido pode ser usado para baixas temperaturas.

Para teor de umidade, a norma ASTM D6751 determina 0,05% em volume de água como valor máximo (LÔBO et al, 2009). Os valores obtidos estão acima do permitido, porém pode ser explicado devido à lavagem com água realizada após a reação de transesterificação. Um processo para remoção desta umidade pode ser proposto na sequência do estudo.

## 4 | CONCLUSÃO

O Brasil possui variedade e abundância quando se trata de matéria-prima para produção de biocombustíveis, além do clima tropical e da vasta área geográfica, facilitando para que o biodiesel seja uma fonte propícia de energia renovável.

Nesta pesquisa, o biodiesel foi produzido por transesterificação com catálise básica a partir de óleos de soja de diferentes origens: residual e virgem. Após realização do planejamento experimental, concluiu-se que a metodologia utilizada é viável e que os ensaios 1, 3 e 9 apresentaram maiores conversões em ésteres metílicos e caracterização satisfatória.

Considerando a influência dos parâmetros analisados sobre o rendimento da reação, dentro das condições propostas e intervalos analisados, observou-se influência da massa de catalisador e da razão volumétrica de óleo:metanol, porém baixa influência do tempo de reação.

O biodiesel apresenta-se como uma grande alternativa de biocombustível se implantado em escala industrial, pois é obtido de fontes renováveis e matérias-primas abundantes no país e pode gerar muitos empregos, além de reduzir a dependência externa de importação do diesel consumido. Além disso, a redução da poluição atmosférica na substituição do diesel pelo biodiesel apresenta-se como uma grande vantagem ambiental.

## REFERÊNCIAS

BARRADAS FILHO, A. O. Avaliação de matérias-primas para qualidade de biodieseis pela predição de propriedades físico-químicas. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão. São Luis, 2015.

CHENDYNSKI, L.T. et al. Pontos de névoa e fluidez em biodiesel produzido por misturas de lipídios. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.3, p. 307-316, 2014.

DAPIEVE, D. R. Análise da influência da temperatura sobre propriedades físico-químicas de amostra de diesel, biodiesel e suas misturas. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Tec. Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

OLIVEIRA, M. A. B. et al. **Síntese e caracterização de biodiesel de algodão e soja**. Disponível em: < [http://www.editorarealize.com.br/revistas/co\\_nepetro/trabalhos/Modalidade\\_4datahora\\_08\\_04\\_2015\\_21\\_54\\_11\\_idinscrito\\_1120\\_8ffa0c9459ba370fa993f866fcdbdf91.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/co_nepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_08_04_2015_21_54_11_idinscrito_1120_8ffa0c9459ba370fa993f866fcdbdf91.pdf)>. Acesso em: 07 ago. 2016.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011.

SANTOS, D. Q. Transesterificação de triacilglicerol de óleos de milho e soja, 2010. Tese (Doutorado) – Programa Multiinstitucional de Doutorado em Química, Universidade Federal de Goiás/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

VILLADIEGO, M. M.; ROA, Y. O.; BENÍTEZ, L. T.. Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. **Revista Luna Azul**, n. 40, p. 25-34, 2015.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CARMEN LÚCIA VOIGT** Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-231-9

