



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P964 A produção do conhecimento na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-976-9

DOI 10.22533/at.ed.769203001

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Neste segundo volume, sobre a Produção do Conhecimento na Engenharia Química, apresentamos diversos trabalhos desenvolvidos com pesquisas relacionadas às áreas de energias renováveis, abordando diferentes biomassas, produção de bioetanol, biodiesel e também utilização de energia solar nos processos.

Com intuito de reduzir os impactos gerados pelos combustíveis fósseis, os trabalhos apresentados mostram, por exemplo, o farelo de arroz como suplemento no meio fermentativo para produção de etanol, obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona comparada ao simulador, estudo da biomassa do capim elefante, energia solar para destilação de etanol, entre outros.

Além disto, este volume trás para você pesquisas voltadas à área de bebidas fermentadas, sendo o foco destes estudos a melhoria dos produtos e dos processos de fabricação. Os trabalhos abordam, entre outras coisas, efeitos de produtos adicionados na fermentação, como trub, e no mosto, como chá verde; avaliação microbiológica e melhoria na produção de cerveja artesanal; bem como desenvolvimento de procedimentos para determinação de metais em cachaça de alambique de cobre.

Também é possível visualizar trabalhos com diferentes tipos de métodos empregados com a finalidade de proporcionar melhores processos produtivos e gerar maiores cuidados com o meio ambiente, relacionados à prevenção e remoção de poluentes. Nestes trabalhos verificam-se métodos de adsorção, secagem, caracterização, separação, assim como simulação computacional de processos.

Portanto, os trabalhos selecionados possibilitam conhecimento de novos materiais, técnicas e processos, como também cuidados com meio ambiente e desenvolvimento tecnológico, expondo a produção de conhecimento na Engenharia Química, de grande importância para ciência e para a sociedade.

Fundamentado nestes trabalhos, que você possa aperfeiçoar seus saberes nesta área.

Bom estudo.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL POR <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> SUPLEMENTADO COM FARELO DE ARROZ | |
| Mariane Almeida Gonçalves Grazieli Tavares Amoglia Daniel Elvis Basílio da Silva Fernanda Palladino | |
| DOI 10.22533/at.ed.7692030011 | |
| CAPÍTULO 2 | 8 |
| ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE MAMONA EM LABORATÓRIO E NO SIMULADOR DE PROCESSOS QUÍMICOS DWSIM | |
| Anna Luiza Araújo Baptista Clara de Castro Amaral Marcos Vinicius Ribeiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.7692030012 | |
| CAPÍTULO 3 | 16 |
| ESTUDO CINÉTICO DE DIFERENTES CULTIVARES DA BIOMASSA DO CAPIM ELEFANTE (<i>PENNISETUM PURPUREUM</i> SCHUM.) | |
| Mayara de Oliveira Lessa Renata Martins Braga Emerson Moreira de Aguiar Marcus Antônio de Freitas Melo | |
| DOI 10.22533/at.ed.7692030013 | |
| CAPÍTULO 4 | 30 |
| USO DA ENERGIA SOLAR NA DESTILAÇÃO DO ETANOL APLICADO NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE COCO | |
| Lucas Rodrigo Custódio Silva Marina Barbosa Maluf Ribeiro Amanda Dornelas Oliveira Caroline Santos Silva Érica Victor de Faria Kássia Graciele dos Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.7692030014 | |
| CAPÍTULO 5 | 44 |
| AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO | |
| Ana Cláudia Rodrigues De Barros Riann de Queiroz Nóbrega Lorena Lucena De Medeiros Flávio Luiz Honorato Da Silva Joelma Moraes Ferreira | |
| DOI 10.22533/at.ed.7692030015 | |
| CAPÍTULO 6 | 54 |
| AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE CERVEJA TIPO PILSEN ADICIONADA DE CHÁ VERDE NA ETAPA DE FERVURA DO MOSTO | |
| Natália Pinto Guedes de Moraes Thaís Cardozo Almeida | |

João Vitor Cabral Gonçalves
Luana Tashima
Ligia Marcondes Rodrigues dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.7692030017

CAPÍTULO 7 63

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO A PARTIR DE FRUTO AMAZÔNICO

Catherinne Édi Muniz Pimentel
Igor Lins Santiago
Syra Kelly Murabac Silva Oliveira
Ricardo Lima Serudo

DOI 10.22533/at.ed.7692030018

CAPÍTULO 8 71

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DETERMINATIVO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DE NÍQUEL EM CACHAÇAS DE ALAMBIQUE DE COBRE EMPREGANDO ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Alexandre Mendes Muchon
Karina Moraes Lima
Alex Magalhães de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.7692030019

CAPÍTULO 9 77

PRODUÇÃO DE LIPASES POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Enylson Xavier Ramalho
Pedro Henrique Barbosa Fernandes
Cristian Orlando Avila
Rodrigo Silva Dutra
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.76920300110

CAPÍTULO 10 85

SECAGEM DOS FRUTOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA* (RICH.) DC) EM DIFERENTES LEITOS

Letícia Bahia Vieira
Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Juliana Ferreira Costa
Lidiane Diniz do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300111

CAPÍTULO 11 97

COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE EXTRATOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA*)

Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Leticia Bahia Vieira
Paulo César Souza de Moraes Júnior
Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro

Samara de Paula Pinheiro Menezes Marques
Hellen Carvalho Barros
Davi do Socorro Barros Brasil
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300112

CAPÍTULO 12 108

HIDROCARBONIZAÇÃO DE EFLUENTES DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Larissa Yukie Pianho
Fernanda Carla Camilo Lima
Thiago Peixoto de Araújo
Maria Angélica Simões Dornellas de Barros

DOI 10.22533/at.ed.76920300113

CAPÍTULO 13 115

MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES TEXTURAS DA PENEIRA MOLECULAR DO TIPO MCM-41 POR DEPOSIÇÃO DE CARBONO

Diogo Pimentel de Sá da Silva
Raul César da Silva Nascimento
Ivo da Silva
Julyane da Rocha Santos
Antonio Osimar Sousa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76920300114

CAPÍTULO 14 123

ESTUDO COM TROCADORES DE ÍONS PARA A DETERMINAÇÃO DE FERRO DISPONÍVEL PARA PLANTAS EM SOLOS DA REGIÃO DE FORMIGA-MG

Luana Cristina Camargos Gomes
Alex Magalhães de Almeida
Anísio Cláudio Rios Fonseca
Alexandre Mendes Muchon

DOI 10.22533/at.ed.76920300115

CAPÍTULO 15 128

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA TROCA TÉRMICA EM UNIDADE PILOTO DE UM SISTEMA COILED TUBING

Lorena Rodrigues Justino
Caroline Eulino Gonçalves Pereira
Beatriz Rosas Oliveira
Eduardo Cunha Hora Paraíso
Luís Américo Calçada
Cláudia Míriam Scheid

DOI 10.22533/at.ed.76920300116

CAPÍTULO 16 136

SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE LEITO JORRO RETANGULAR USANDO CFD - COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Ana Paula Silva Artur
Elaine Cristina Batista da Silva
Tuane Tayrine Mendes Cardozo
Welberth Santos Laizo

Aderjane Ferreira Lacerda
Reimar de Oliveira Lourenço
DOI 10.22533/at.ed.76920300117

CAPÍTULO 17 150

SIMULAÇÃO DO CARREGAMENTO DE FERTILIZANTE EM TAMBORES ROTATIVOS COM SUSPENSORES USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS (DEM)

Gabrielle Ferreira Gravena
José Luiz Vieira Neto
Kassia Graciele dos Santos
Beatriz Cristina Silvério

DOI 10.22533/at.ed.76920300118

CAPÍTULO 18 160

SEPARATION OF ACETONA-CHLOROPHORM MAXIMUM BOULATING AZEOTROPE USING METHYL SULPHOXIDE THROUGH PROSIMPLUS SIMULATOR

Guilherme Ferreira da silva
Kerilen Paola Teixeira de Castro

DOI 10.22533/at.ed.76920300119

CAPÍTULO 19 172

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SABONETES LÍQUIDOS E EM BARRA

Vanessa Mendes Santos
Amanda Dias Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.76920300120

CAPÍTULO 20 183

MODELAGEM CINÉTICA DA CLORAÇÃO DO TA_2O_5 COM C_2CL_4

Rogério Navarro Correia de Siqueira
Taiane Zocatelli
Eduardo de Albuquerque Brocchi

DOI 10.22533/at.ed.76920300121

SOBRE A ORGANIZADORA 201

ÍNDICE REMISSIVO 202

ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE MAMONA EM LABORATÓRIO E NO SIMULADOR DE PROCESSOS QUÍMICOS DWSIM

Data de submissão : 04/11/2019

Data de aceite: 21/01/2020

Anna Luiza Araújo Baptista

Centro Universitário Newton Paiva, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5733050611144941>

Clara de Castro Amaral

Centro Universitário Newton Paiva, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5429160224658220>

Marcos Vinicius Ribeiro

Centro Universitário Newton Paiva, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4053745042922773>

RESUMO: A produção de biodiesel e o uso de simuladores de processos químicos são temas atuais na Engenharia Química. Neste artigo o software DWSIM foi utilizado para modelar a obtenção de biodiesel a partir do óleo de mamona. A síntese em laboratório foi realizada através da reação de transesterificação do óleo de rícino com metanol em meio básico. Os produtos da reação são o biodiesel e a glicerina que foram caracterizados por espectroscopia

na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). Os dados obtidos na síntese em laboratório foram coletados e plotados no gráfico de rendimento *versus* temperatura para entender o comportamento da reação. A equação de reta obtida foi inserida no DWSIM para confecção, teste e validação do modelo virtual. As análises estatísticas indicaram boa compatibilidade entre os resultados obtidos na síntese em laboratório e no modelo virtual no *software*. A simulação atestou a viabilidade da obtenção do biodiesel a partir do óleo de mamona com um rendimento médio de 97,8%. O DWSIM é um simulador interessante para o estudo de variáveis que possibilitem melhorias contínuas nos diversos processos industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo de rícino, óleo de mamona, biodiesel, simulação, processo químico.

COMPARATIVE STUDY OF BIODIESEL OBTAINED FROM CASTOR OIL IN THE LABORATORY AND BY THE DWSIM CHEMICAL PROCESS SIMULATOR

ABSTRACT: Biodiesel production and the use of chemical process simulators are current topics in Chemical Engineering. DWSIM software was used to model the biodiesel production from castor oil. The synthesis in the laboratory was performed by the transesterification reaction of castor oil with methanol in basic environment.

The reaction products are biodiesel and glycerin which were characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The data obtained in the laboratory synthesis were collected and plotted on the yield versus temperature graph to understand the reaction behavior. The obtained line equation was inserted in the DWSIM for making, testing and validation of the virtual model. Statistical analyzes indicated good compatibility between the results obtained in the synthesis in the laboratory and the virtual model in the software. The simulation attested to the feasibility of obtaining biodiesel from castor oil with an average yield of 97.8%. DWSIM is an interesting simulator for the study of variables that enable continuous improvements in various industrial processes.

KEYWORDS: Castor oil, biodiesel, simulation, chemical process.

1 | INTRODUÇÃO

Biodiesel

Pela definição da lei 11.097 de 13/01/2005, o biodiesel pode ser classificado como um combustível alternativo, de natureza renovável, que possa oferecer vantagens socioambientais ao ser empregado na substituição total ou parcial do diesel de petróleo em motores de ignição por compressão interna (Ciclo Diesel). Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas para obtenção de biodiesel com a mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

Mamona

A mamona (*Ricinus Communis* L.) é uma planta de origem afro-asiática que pode ser encontrada em todo o Brasil em virtude de ser facilmente adaptável a diversas condições de solo e clima. Ela é uma planta euforbiácea, sendo sua semente tóxica devido a uma proteína chamada ricina. O principal produto da mamona é o óleo, também chamado óleo de rícino. É uma importante matéria-prima para a indústria química, sendo utilizado na composição de inúmeros produtos como tintas, vernizes, cosméticos, lubrificantes, plásticos etc. A lista de produtos feitos a partir do óleo de mamona é abrangente mais de 400 itens. Esse óleo possui características químicas que lhe tornam único na natureza: é composto exclusivamente (90%) por um único ácido graxo (ácido ricinoleico) que contém uma hidroxila que lhe torna solúvel em álcool a baixa temperatura, muito viscoso e com propriedades físicas especiais (SCHNEIDER, 2002).

Na indústria, a extração do óleo de rícino pode ser feita da semente completa ou da baga (semente mecanicamente descascada). O método usado para extrair o óleo pode ser prensagem, a frio ou a quente, ou extração por solvente. A semente primeiramente é limpa e depois é direcionada para o aquecimento de diversos

estágios, em uma chaleira. É prensado e degomado. A degomagem é realizada com água ou vapor de água, elevando a umidade do extrato a 45%. Com isso, o óleo aumenta o volume e é imediatamente filtrado ou passa por uma centrífuga de volume (Super decanter). A borra obtida na degomagem é misturada à torta que vai à extração por solvente, de onde se obtêm o óleo final e o farelo. O óleo obtido da prensagem, então, é clarificado com adsorvente e seco. Nesta operação é misturado com o óleo proveniente da extração por solvente. Todas as terras usadas na clarificação com cerca de 30% de óleo seguem com a torta para extração por solvente (SCHNEIDER, 2002).

Modelagem computacional

A modelagem computacional utiliza um conjunto de métodos, ferramentas e formulações direcionadas à solução de problemas complexos, envolvendo grande número de variáveis, volumosa massa de dados, processamento e manipulação de imagens. Ela permite que se criem modelos computacionais para situações em que é impossível ou muito caro testar ou medir as diversas soluções possíveis para um fenômeno a partir de modelos experimentais ou por soluções analíticas.

O simulador de processos químicos DWSIM é um software de ambiente aberto, brasileiro, padrão CAPE-OPEN e disponível para utilização em Windows, Linux e Mac. Ele permite que estudantes e profissionais estudem e compreendam comportamentos em processos químicos usando modelos rigorosos em operações termodinâmicas instaladas no software como misturador, separador, bomba, compressor, expensor, aquecedor, refrigerador, válvula, colunas de destilação, trocador de calor, vários reatores, separadores de sólidos, entre outros.

Alguns pacotes de propriedades mais populares disponíveis no software são Peng-Robinson, Chao-Seader, Grayson-Streed, gás ideal, UNIFAC, Soave-Redlich-Kwong, Lee-Kesler e outras. Ele possui biblioteca de componentes para pesquisa instantânea; ferramenta de geração de gráficos e curvas; detecção automática de erros; disponibilidade para uso em dispositivos móveis; interface simples para usuários com pouco conhecimento de programação; gerenciamento dos fluxos de materiais, reações químicas e criação de componentes; projetar uma representação esquemática do processo e assim por diante.

O presente trabalho estudou a viabilidade do uso do simulador DWSIM no processo de transesterificação do óleo de mamona para obtenção de biodiesel através da comparação dos resultados obtidos na síntese realizada em laboratório e no modelo virtual construído no software.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese do biodiesel

No laboratório mediu-se 25mL de óleo de mamona em uma proveta que foi transferido para um béquer de 250mL para que fosse aquecido em uma chapa aquecedora. Ao mesmo tempo em outro béquer dissolveu-se 0,1968g de NaOH em 6,3ml de metanol. Após o aquecimento do óleo, adicionou-se então a mistura de metanol com NaOH sob agitação constante. Após a formação da glicerina, a mistura foi transferida para uma proveta, para separação das fases. Após a separação do biodiesel da glicerina, foi realizado a caracterização através da espectroscopia na região do infravermelho (Spectrum Two PerkinElmer FTIR Spectrometer). A síntese foi realizada nas temperaturas de 61, 70, 92 e 102°C.

Modelagem e simulação

Os dados dos experimentos em laboratório foram coletados e plotados no gráfico de rendimento versus temperatura para entender o comportamento da reação de transesterificação do óleo de mamona. A equação da reta obtida com os dados anteriores foi considerada satisfatória e inserida no simulador de processos químicos DWSIM para confecção, teste e validação do modelo virtual. Com os resultados obtidos na síntese em laboratório e da modelagem do processo no software realizou-se testes comparativos que foram validados por análises estatísticas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Síntese de biodiesel

A reação de transesterificação permitiu obter o biodiesel de rícino e a glicerina evidenciado por uma mudança de coloração e redução de viscosidade do biodiesel em relação ao óleo de rícino, conforme mostrado na figura 1:

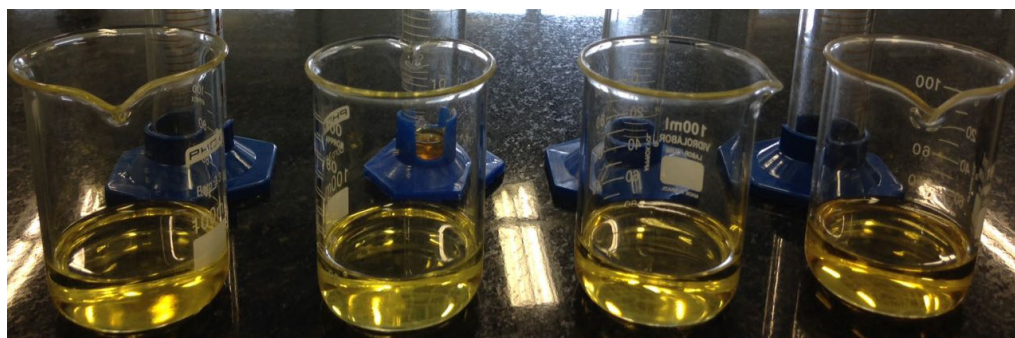


Figura 1 - Biodiesel.

Fonte: Autores (2017)

Os produtos da síntese do biodiesel através da transesterificação do óleo de

ricino foram caracterizados por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) e os dados foram agrupados na tabela 1:

| Deformação Axial | Faixa de Transmitância (cm ⁻¹) | | |
|------------------|--|-----------|-----------|
| | Óleo de Rícino | Glicerina | Biodiesel |
| C-OH | 3380,4 | 3292,53 | 3350,97 |
| C-H | 2924,34 | 2930,55 | 2925,11 |
| C=O | 1742,85 | - | 1740,68 |
| C=C | - | 1415,7 | - |
| C-C | - | - | 1436,1 |
| C-O | 1458,07 | 1030,89 | 1171,95 |

Tabela 1 - Identificação das bandas de deformação axial do óleo de mamona, glicerina e biodiesel.

Fonte: Autores (2017)

A análise dos espectros de FTIR indicaram a formação do biodiesel na síntese realizada em laboratório através das bandas referentes a deformação axial do grupo carbonila (C=O) e o estreitamento da deformação axial da ligação (C-O) que são bandas características dos ésteres.

Modelagem e simulação no DWSIM

No software DWSIM é possível a inserção de funções matemáticas para melhorar a aderência da simulação à realidade. Sendo assim, a produção simulada do biodiesel traz a exigências para a confecção do modelo matemático representativo a partir dos resultados obtidos em laboratório, vide a Tabela 2:

| Amostra | Temperatura (OC) | Rendimento (%) |
|---------|------------------|----------------|
| 1 | 334,15 | 94,81 |
| 2 | 343,15 | 96,43 |
| 3 | 365,15 | 99,26 |
| 4 | 375,15 | 100,00 |

Tabela 2 - Rendimentos da síntese em laboratório.

Fonte: Autores (2017)

A partir dos dados da tabela 2 foi possível avaliar o comportamento da reação de transesterificação. As variáveis escolhidas foram a temperatura (K) no eixo x e o rendimento (%) no eixo y, os dados apresentaram a equação $y=0,1286x + 52,687$

com correlação linear $R^2=0,9857$. Os dados foram submetidos ao teste estatístico de Anderson-Darling onde o p-valor foi 0,488, sabendo que este valor é maior que 0,10, os dados seguem uma distribuição normal e comprovou que o experimento possui comportamento linear.

Para a simulação computacional utilizou-se o software DWSIM versão 4.0 de código livre. Para os cálculos termofísicos dos componentes adotou-se o pacote de propriedades UNIQUAC e como plano de execução Nested Loops. Embora exista uma biblioteca vasta no software, as substâncias ácido ricinoleico e ricinoleato de etila não estavam implantadas e foram inseridas via “New Compound Creator Study”. Para o modelo virtual foram empregados os seguintes dados para a mistura inicial, vide Tabela 3:

| Propriedade | Valor |
|-----------------------------------|---|
| Temperatura | 298,15 K |
| Pressão | 101325 Pa |
| Fluxo Mássico | 0,5 kg.s ⁻¹ |
| Fluxo Molar | 8,08188 mol.s ⁻¹ |
| Fluxo Volumétrico | 0,00047 m ³ .s ⁻¹ |
| Fração Molar – Metanol | 0,5 |
| Fração Molar - Hidróxido de Sódio | 0,4 |
| Fração Molar - Ácido Ricinoleico | 0,1 |

Tabela 3 - Propriedades referentes à Mistura 1.

Fonte: Autores (2017)

No desenvolvimento do modelo virtual, utilizou-se o reator de conversão (RC-001) para simular a reação sob agitação constante, fluxo de massa contínuo e em aquecimento. O misturado (Mixer 1) foi adicionado para obter o modelo virtual mais próximo do experimento real onde são homogeneizadas 2 correntes de massa, uma contendo CH₃OH e NaOH e a outra com ácido ricinoleico. O rendimento calculado no software foi determinado pelo modelo matemático linear alcançado. No modelo virtual construído no DWSIM (Figura 2), os objetos em azul simbolizam o sucesso da simulação sem ocorrência de erros:

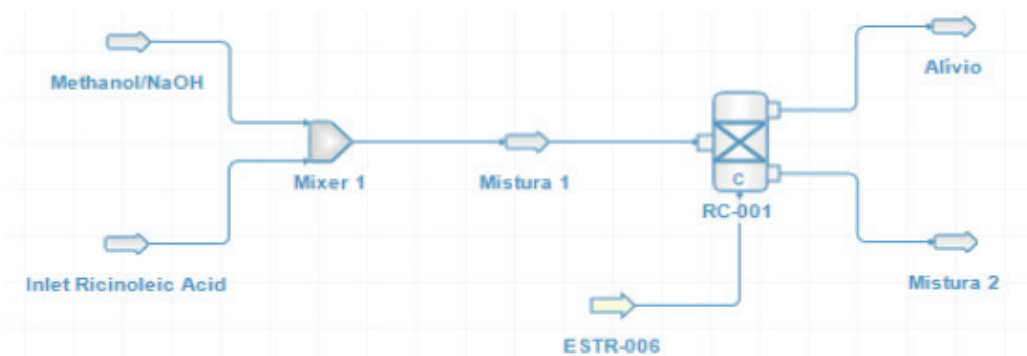


Figura 2 - Modelo virtual para reação de transesterificação - DWSIM.

Elaboração: Autores (2017)

Os resultados obtidos no DWSIM foram comparados com os resultados da síntese e validados pelo método estatístico do teste t pareado com 95% de confiabilidade. Na tabela 4 temos uma análise comparativa dos rendimentos:

| Rendimento Síntese | Rendimento DWSIM |
|--------------------|------------------|
| 0,9455 | 0,9569 |
| 0,9606 | 0,9683 |
| 0,9273 | 0,9785 |
| 0,9606 | 0,9810 |
| 1,0000 | 0,9886 |
| 1,0000 | 0,9937 |

Tabela 4 - Análise comparativa de rendimentos.

Fonte: Autores (2017)

O $t_{(experimental)}$ foi 1,4369, um valor menor que o $t_{(tabelado)}$ que é 2,4469, isso indica que as variâncias não apresentam diferenças significativas quando comparamos os rendimentos obtidos na síntese e no modelo virtual.

4 | CONCLUSÕES

Os testes empíricos proporcionaram coletas de dados de temperatura e rendimento da síntese do biodiesel que apresentou comportamento linear e distribuição normal. O DWSIM mostrou-se um simulador de processos químicos eficiente para reproduzir em ambiente virtual os rendimentos alcançados na síntese do biodiesel em laboratório (tabela 4), o que foi validado através de análises estatísticas.

O modelo virtual permitiu realizar teste para determinar as propriedades, fluxo de massa e comportamento dos produtos da reação. O software é uma ferramenta interessante para cálculos de balanço de massa, fluxo, potência de equipamentos e reciclo. A simulação atestou a viabilidade da obtenção do biodiesel a partir do óleo de mamona com um rendimento médio de 97,8%.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Newton Paiva pelo suporte durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

DWSIM. **Home**. Disponível em: <<http://dwsim.fossee.in/>>. Acesso em: 03/03/2017.

KNOTHE, G., KRAHL, J., GERPEN, J.V., RAMOS, L.P. **Manual de biodiesel**. Rio de Janeiro/RJ: Blucher, 2006, 352p.

SCHNEIDER, R.C.S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. Tese (Doutorado em Química). Porto Alegre/RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002, 240p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açairana 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 116

Ácido ascórbico 74, 76, 78, 79, 80

Análise estatística 5, 97, 111, 162, 167, 168

B

Bioetanol 44, 45, 46, 52

C

Camu-camu 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) 16, 17

Cerveja 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Cerveja artesanal 64, 73, 74, 76, 77, 78, 81

Chá verde 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Cimentação 140

Cinética 7, 18, 23, 27, 44, 48, 49, 50, 51, 97, 98, 103, 104, 105, 106, 153, 154, 160, 194, 196, 204, 209, 210

Cinética de adsorção 44, 48, 50, 51

Colorimetria 109

Corante natural 109

Custos de produção 75, 88, 89, 90, 91, 93

D

Deposição de carbono 126, 127, 203

Destilação Solar 30, 31, 32, 43

E

Efluente 119, 120, 121, 123, 124, 125

Energia Solar 30, 31, 32, 42, 43

Enzimas lipolíticas 89, 92, 94, 95

Espectrofotometria UV-VIS 134

Estatística 1, 5, 72, 97, 111, 115, 162, 167, 168

Etanol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 30, 31, 32, 43, 45, 46, 52, 53, 70, 91, 92, 109, 110, 114, 115, 116, 128

F

Farelo de Arroz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Fermentação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 45, 46, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 79, 88, 89, 90, 92, 94, 95, 163

Fermentação em Estado Sólido 88, 89, 90, 94

Flexitubos 140

Furfural 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

H

Hidrocarbonização 119, 120, 123, 124, 125

I

Inibidor 44, 47, 49, 51, 52

L

Lavanderia 119, 121, 124, 125

Leveduras 6, 7, 45, 46, 54, 58, 61, 63

Lúpulo 55, 57, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76

M

MCM-41 18, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Métodos não isotérmicos 16, 19, 27

Miconia ciliata 96, 97, 98, 100, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 117

Modelagem 10, 11, 12, 27, 49, 94, 97, 145, 152, 153, 159, 194, 204

Modificação 42, 126

O

Ortofenantrolina 134, 136

P

Parâmetros cinéticos 16, 19, 20, 27, 28, 48, 51

R

Resíduos agroindustriais 89, 90, 95

Resina de troca iônica 134, 136, 138

S

Saccharomyces cerevisiae 1, 2, 3, 6, 61, 63, 64, 68

Sustentabilidade 30

T

Troca térmica 139, 140, 142, 144, 146

Trub 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

 **Atena**
Editora

2 0 2 0