



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablon

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

E57 Engenharia moderna [recurso eletrônico] : soluções para problemas da sociedade e da indústria / Organizadores Filipe Alves Coelho, Iara Lúcia Tescarollo, Vicente Idalberto Becerra Sablon. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-446-7
DOI 10.22533/at.ed.467202809

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Coelho, Filipe Alves. II. Tescarollo, Iara Lúcia. III. Sablon, Vicente Idalberto Becerra.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Enquanto esta obra era produzida, a humanidade via-se diante de uma de suas maiores crises recentes: a pandemia do novo coronavírus. Este cenário escancarou a importância da ciência como ferramenta e um dos pilares da evolução da sociedade. Ao lado da ciência, a engenharia implementa o conhecimento desenvolvido na forma de produtos e serviços, tornando real e sustentável o conhecimento científico.

Sem dúvida, o que tornou possível verdadeiras revoluções na ciência e na engenharia foram os conhecimentos desenvolvidos na interface entre distintas áreas do conhecimento. As ciências biológicas e a engenharia ambiental produziram equipamentos para tratamento de efluentes empregando microrganismos. A computação e a engenharia de processos permitem que um funcionário monitore e controle uma fábrica mesmo estando a quilômetros de distância. A medicina, física e engenharia elétrica produzem equipamentos que enxergam o interior do corpo humano em alta resolução.

Neste sentido, esta obra é uma coletânea de trabalhos de professores cientistas e engenheiros, com vasto conhecimento em suas áreas de atuação, que destaca como a ciência e a tecnologia são empregadas para resolver problemas da sociedade. Em comum, além dos esforços para tornar a sociedade e a indústria mais sustentáveis, está o fato de todos os trabalhos terem sido desenvolvidos na cidade de Campinas ou em cidades próximas.

A multidisciplinaridade presente nesta obra é reflexo de um trabalho em construção no sentido de agregar o conhecimento acumulado e condensá-lo em produtos e serviços ou mesmo um fim em si, visando informar a sociedade de que temos pesquisa de boa qualidade sendo feita no Brasil.

Com o compromisso de incentivar a pesquisa acadêmica, divulgar e disseminar o conhecimento, a Editora Atena, através dessa obra, traz um rico material pelo qual será possível atender aos anseios daqueles que buscam ampliar seus estudos nas temáticas aqui abordadas. Boa leitura!

Dilnei Giseli Lorenzi
Pró-Reitor de Ensino Pesquisa e Extensão
Universidade São Francisco
Filipe Alves Coelho
Iara Lúcia Tescarollo
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

GENERAL ASPECTS OF TELEMEDICINE: FROM EMERGENCE TO USE IN THE COVID PANDEMIC 19

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Giulliano Paes Carnielli

Yuzo Iano

Rangel Arthur

DOI 10.22533/at.ed.4672028091

CAPÍTULO 2..... 14

DISAGGREGATION OF LOADS IN THE SMART GRID CONTEXT

Jézer Oliveira Pedrosa

Júlio Cesar Pereira

Ana Carolina Borges Monteiro

Reinaldo Padilha França

Yuzo Iano

Rangel Arthur

DOI 10.22533/at.ed.4672028092

CAPÍTULO 3..... 26

COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO EDINÂMICA MOLECULAR

Fábio Andrijauskas

Glaucilene Ferreira Catroli

DOI 10.22533/at.ed.4672028093

CAPÍTULO 4..... 39

DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO À PESSOAS COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA

Vicente Idalberto Becerra Sablon

Bruno Penteado Evangelista

Annete Silva Faesarella

DOI 10.22533/at.ed.4672028094

CAPÍTULO 5..... 53

FATURAMENTO PRÉ-PAGO DE ENERGIA ELÉTRICA: PANORAMA DA MODALIDADE E ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

Annete Silva Faesarella

Amanda de Oliveira Ferri

Ednan Ferreira da Silva

Vicente Idalberto Becerra Sablon

DOI 10.22533/at.ed.4672028095

CAPÍTULO 6..... 66

EXPRESSÕES ANALÍTICAS DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO NO DOMÍNIO DO TEMPO PROVOCADO POR TRANSITÓRIOS DE CORRENTE ELÉTRICA

Geraldo Peres Caixeta

DOI 10.22533/at.ed.4672028096

CAPÍTULO 7..... 83

DESEMPENHO DE MICRORREACTORES FABRICADOS POR MANUFATURA ADITIVA EM REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO DO ACETATO DE ETILA

Katherine Oliveira Alves

Vanessa de Souza Rocha

Filipe Alves Coelho

DOI 10.22533/at.ed.4672028097

CAPÍTULO 8..... 95

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA BLENDAS PBAT/TPS

Fernanda Andrade Tigre da Costa

Marcelo Augusto Gonçalves Bardi

DOI 10.22533/at.ed.4672028098

CAPÍTULO 9..... 116

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DA PRATA SOLÚVEL EM EFLUENTES UTILIZANDO FIBRA DE COCO IN NATURA E ATIVADA

Jaqueline Cristina de Souza

Núbia de Moura Dias Sousa

Pollyanna Oliveira Coutinho

Danielle Matias Rodrigues

Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena

André Augusto Gutierrez Fernandes Beati

DOI 10.22533/at.ed.4672028099

CAPÍTULO 10..... 137

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EMULSIONADOS FORMULADOS COM ÓLEO DE BURITI

Jeane Caroline Oliveira

Ludmila de Oliveira Maia

Iara Lúcia Tescarollo

DOI 10.22533/at.ed.46720280910

CAPÍTULO 11..... 152

EMBALAGEM CARTONADA: METODOLOGIA PARA SEPARAÇÃO E RECICLAGEM DE SEUS COMPONENTES

Mayara Elizabeth Pereira

José Fernando Marin Junior

Roberta Martins da Costa Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.46720280911

CAPÍTULO 12.....	168
DESAFIOS DA DRENAGEM URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ana Caroline Ross Mateo	
Angélica Sampaio dos Santos	
Renata Lima Moretto	
DOI 10.22533/at.ed.46720280912	
CAPÍTULO 13.....	180
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE FILTRAÇÃO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIBEIRINHOS	
Gabriela Consoline Pires	
Liliani Alves da Silva	
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe	
DOI 10.22533/at.ed.46720280913	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	194

CAPÍTULO 7

DESEMPENHO DE MICRORREACTORES FABRICADOS POR MANUFATURA ADITIVA EM REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO DO ACETATO DE ETILA

Data de aceite: 26/08/2020

Data de submissão: 14/07/2020

Katherine Oliveira Alves

Universidade São Francisco
Campinas – SP

<http://lattes.cnpq.br/4371980775175482>

Vanessa de Souza Rocha

Universidade São Francisco
Campinas – SP

<http://lattes.cnpq.br/7094916568095199>

Filipe Alves Coelho

Universidade São Francisco
Campinas – SP

<http://lattes.cnpq.br/7316975557784147>

RESUMO: Ao observar a crescente busca por versatilidade e sustentabilidade alinhadas a produção localizada e a plantas miniaturizadas, engenheiros químicos ao redor do globo buscam desenvolver novos e menores equipamentos, que sejam melhores que os macros ou tão eficientes quanto. Assim sendo, o presente trabalho apresenta a comparação das conversões alcançadas de uma reação padrão, a qual ocorreu mediante a hidrólise do acetato de etila em meio alcalino, utilizando o hidróxido de sódio, em duas geometrias distintas de microrreatores construídos por intermédio da manufatura aditiva para viabilizar um processo de intensificação. No trabalho foi utilizado o Software SolidWorks Explorer em conjunto com a impressora 3D modelo Sethi3D AiP A3 que possibilitou a parte

de desenho e construção dos microrreatores. Com o intuito de verificar a conversão da reação nos microdispositivos utilizou-se do método da titulometria. Todos os experimentos foram realizados nos laboratórios da Universidade São Francisco, campus Campinas, São Paulo. Para efeitos de comparação, os valores de conversão também foram contrapostos para a mesma reação realizada em reatores CSTR e PFR, sob mesmas condições operacionais. Com os dados experimentais observados, foi possível então averiguar a eficiência dos microrreatores, demonstrando que o segundo protótipo apresentado neste trabalho obteve uma conversão maior do que o primeiro modelo. A conversão deste modelo também foi maior que um reator agitado sob mesmas condições operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Microdispositivos, impressão 3D, reatores.

ADDITIVE MANUFACTURED MICROREACTORS PERFORMANCE IN ETHYL ACETATE SAPONIFICATION REACTION

ABSTRACT: The growing demands for flexibility and sustainability aligned with local and miniaturized plants, led chemical engineers around the world to develop new and smaller equipment, as efficient (or even more) than the regular size ones. This work presents the performance comparison of two different geometry of microreactors built with additive manufacturing in the reaction of ethyl acetate hydrolysis with sodium hydroxide. The geometry was generated with SolidWorks Explorer and the model was

manufactured with a SETHI3D AiP A3 printer. The microreactors conversions were analyzed with the aid of titrimetry. All the experiments were executed at São Francisco University at the city of Campinas - SP, Brazil. The conversion of both microdevices were also compared with the performance of a CSTR and PFR reactors, under the same operational conditions. The experimental data indicated that both microreactors were efficient to process the reaction and microreactor n. 2 showed higher conversion. This microreactor also performed higher conversion than a CSTR under the same operational conditions.

KEYWORDS: Microdevices, 3D printing, reactors.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Microrreatores e intensificação de processos

A busca por flexibilização, intensificação de processos, plantas miniaturizadas e engenharia verde são tendências para modernização das plantas indústrias contemporâneas. Sendo assim é papel dos engenheiros químicos reavaliar os designs das mesmas levando em consideração tais ideias (INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS, 2007). Diferente do que se possa imaginar o conceito de intensificação de processos não é algo recente, apesar de suas diversas definições.

O “termo intensificação de processos” foi introduzido na literatura científica entre as décadas de 1960 e 1970 em publicações na Europa Oriental. Entretanto, via-se o processo de intensificação apenas como simples melhorias de processos. Foi apenas nos anos 80 com um impulso da “Imperial Chemical Industries” (ICI), uma empresa britânica formada pela junção de outras do ramo químico, que possuía um grupo intitulado “New Science Group”, o qual Colin Ramshaw fazia parte, que o termo intensificação do processo tornou-se mais difundido (STANKIEWICZ e MOULIJN, 2004). Os trabalhos de Ramshaw foram continuados na Universidade de Newcastle (KEIL, 2018). Alguns meses depois já ocorria uma reunião anual de pesquisa que foi intitulada como “Process Intensification”, realizada no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade de Manchester (UMIST).

Dentre os dispositivos resultantes de intensificação, encontram-se os microrreatores. Os microrreatores são reatores químicos miniaturizados, ou seja, possuem dimensões extremamente pequenas chegando a possuir canais com diâmetros na faixa de 10-500 μm (IWASAKI *et al.*, 2005) (Figura 1). Em sua forma mais simples, pode-se realizar uma analogia de sua estrutura com sanduíches por estes serem constituídos por diversas camadas com redes de canais em paralelo. Nestas camadas podem ocorrer diversas funções, desde a mistura até a reação catalítica, troca de calor ou separação.

Por intermédio de técnicas de bombeamento como, eletrocinética ou hidrodinâmica, é possível reunir reagentes em sequências específicas, misturá-los

e permitir que reajam por um tempo determinado em regiões controladas das redes de canais (HASWELL e WATTS, 2005; STANKIEWICZ e MOULJIN, 2004).

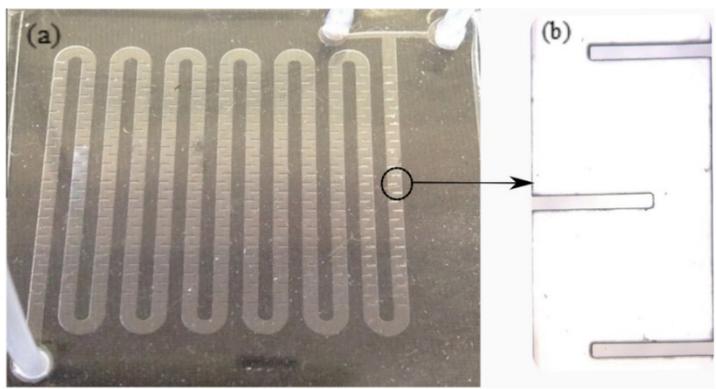


Figura 1 – Foto do (a) microdispositivo desenvolvido para a produção de biodiesel, com detalhe para o (b) microcanal.

Fonte: SANTANA *et al.*, 2017.

Dentre as diversas técnicas de fabricação de microrreatores, uma promissora é a manufatura aditiva.

1.2 Manufatura aditiva

Popularmente conhecida como impressão 3D (três dimensões), a manufatura aditiva (AM), prototipagem rápida (RP), forma livre de sólidos (SFF), ou tecnologia em camadas foi descrita pela primeira vez no final dos anos 80 por Charles Hull (GOU *et al.*, 2016).

A manufatura aditiva pode ser definida como uma tecnologia de fabricação automatizada no qual a partir de dados projetados em um programa de modelagem 3D, ocorre a criação física de cada camada única e a junção de camadas subsequentes em sequência para formar a peça física (GOU *et al.*, 2016; GEBHARDT e HÖTTER, 2016).

Existem vários processos de tecnologia em camadas, estes se diferenciam pela forma como se cria cada camada, oferecendo assim vantagens distintas. Comumente o FDM (*Fused Deposition Modeling*) é o método mais utilizado, por ser de fácil manuseio e um bom custo benefício (BARAN *et al.*, 2017). A máquina lê os dados do desenho projetado por *software* CAD (*Computer-Aided Design*) ou realiza uma varredura de um artefato existente e envia para a máquina AM, onde esta última estabelece camadas sucessivas de líquido, pó, ou o material de folha (Figura 2). É possível fazer uma analogia deste processo com a criação de um

objeto usando blocos de construção ou Legos, ou então em uma impressora a jato de tinta que volta a página, adicionando camadas de material em cima uns dos outros até que se obtenha o trabalho final (CAMPBELL *et al.*, 2011).



Figura 2 - Processo de Fabricação Aditiva Generalizado

Fonte: Adaptado de CAMPBELL *et al.* 2011.

Nesses dispositivos, um fio de material termoplástico é aquecido na cabeça do bocal de extrusão a várias temperaturas, dependendo do material utilizado. A grande maioria das impressoras 3D utilizam acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) ou poliácido láctico (PLA), mas existem outros materiais como poliamida (PA), policarbonato (PC), nylon, etc. O polímero ABS é bem rígido e leve, fácil de usar, oferece um equilíbrio entre resistência a produtos químicos e flexibilidade. Já o PLA é um poliéster sintético, produzido a partir do ácido láctico fermentado proveniente de culturas, sendo assim trata-se de um termoplástico alifático, ou seja, biodegradável. Este último suporta até 150 – 160°C, sendo que o ABS resiste de -20°C até temperaturas superiores a 200°C (AMBROSI e PUMERA, 2016; BARAN *et al.*, 2017).

Uma das principais vantagens em se trabalhar com fabricação aditiva está na sua capacidade de criar quase qualquer forma complexa ou característica geométrica, é um processo que oferece maior liberdade para o desenho do protótipo. As somas destes fatores nos levam a novas oportunidades em diversas indústrias, tão diversas quanto as automotivas, aeroespacial e de bioengenharia. Peças criadas por essa tecnologia não envolvem muitos processos de montagem, fundição, moldagem e usinagem, processos complexos que estão presentes na indústria e envolvem ferramentas, máquinas, computadores e robôs, o que economiza tempo e custo de produção. Por fim, obtemos uma redução de resíduos, já que o uso de substâncias químicas nocivas é mínimo, como soluções de corrosão e limpeza; e inicia-se a possibilidade do uso de materiais recicláveis (ACHILLE *et al.*, 2017; CIAGLIA *et al.*; 2017; GOU *et al.*; 2016).

2 | METODOLOGIA

2.1 Design e fabricação dos microrreatores

Para o desenho dos canais dos microdispositivos, recorreu-se à literatura a respeito dos mesmos, optando pela escolha de dois modelos: o Modelo 1, baseado no trabalho de MACHADO *et al.* (2014) (Figura 3a) e o Modelo 2, baseado em KHAYDAROV *et al.* (2018) (Figura 3b), com modificações nas entradas e zonas de mistura.

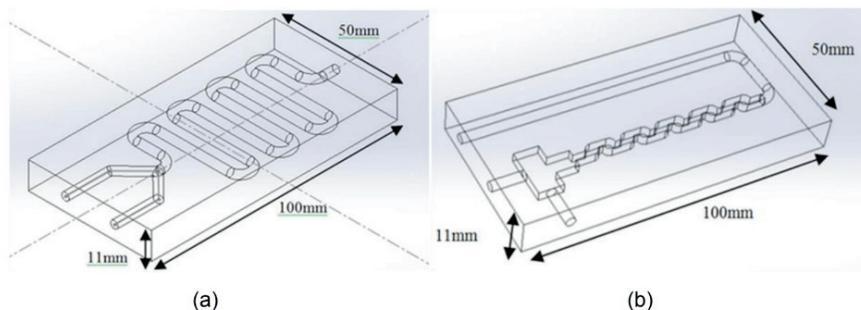


Figura 3 – Desenho dos microcreatores em software CAD: (a) modelo 1 e (b) modelo 2.

Fonte: Autoria própria.

Os microrreatores foram construídos pelo método de manufatura aditiva com polímero ABS e utilizou-se uma impressora modelo Sethi3D AiP A3. Ambos foram construídos com canais de 3mm de diâmetro e volume total de 2mL. Para que esta técnica fosse possível foi necessário criar um modelo tridimensional projetado por software CAD. O programa que se empregou para esta finalidade foi a versão gratuita do *software* SolidWorks Explorer 2019. Este *software* gera um arquivo no formato .stl que é carregado pela impressora. Os parâmetros utilizados para impressão estão expressos na Tabela 1.

Parâmetro	Valor
Qualidade	0,15 mm
Velocidade de impressão	40 mm/s
Velocidade de perímetro exterior	30 mm/s
Velocidade de enchimento	50 mm/s
Densidade enchimento	90%

Tabela 1 – Configuração da impressora.

Ambas as impressões utilizaram o filamento do material ABS, adquirido também na Universidade São Francisco, campus Swift. Havia também a opção de trabalhar-se com PLA e, portanto, para a escolha realizou-se testes com os reagentes que iriam ter contato com estes, e ambos se mostraram estáveis em contato com estes materiais, porém optou-se por escolher o ABS por questões de resistência mecânica.

As atividades experimentais envolvendo as reações foram executadas no laboratório de Engenharia Química da Universidade São Francisco, Campus Swift (Campinas, São Paulo, Brasil) e as impressões no laboratório de Engenharia Mecânica da mesma instituição.

2.2 Reação de Saponificação do Acetato de Etila

A saponificação do acetato de etila foi a reação utilizada para que pudessem ser realizadas as comparações e avaliações de desempenho dos microrreatores. A mesma foi selecionada devido à abrangência de dados encontrados na literatura, além de ser fácil de controlar, não necessitar de altas temperaturas e possuir baixos riscos de manipulação, sendo uma reação fácil de prever possíveis comportamentos (KRÜGER *et al.*, 2013), o que facilita uma comparação de desempenho de ambos os microdispositivos. A Equação 1 ilustra a reação geral (MARTINS e PIRES, 2019).



Após a fabricação dos microrreatores, iniciou-se as etapas de síntese da reação. Essas atividades experimentais foram executadas no laboratório de Engenharia Química da Universidade São Francisco, campus Swift. Os experimentos foram realizados em triplicata. A fim de realizar os experimentos foram preparadas soluções de Acetato de Etila e Hidróxido de Sódio nas concentrações de 0,1 mol/L. Com o intuito de ser possível inserir simultaneamente cada reagente nos dispositivos utilizou-se de bombas peristálticas e com auxílio de mangueiras realizou-se as conexões com o microdispositivo (Figura 4). Durante os ensaios, inicialmente preenchia-se os reservatórios e era necessário ajustar as vazões, tal ação teve de ser realizada por intermédio de experimentos, em triplicata, onde utilizou-se uma proveta de 25 mL e um cronômetro.



Figura 4 – Sistema reacional composto por duas bombas peristálticas e o microrreator.

As vazões foram ajustadas para 0,41 mL/s de cada reagente. Esta vazão foi escolhida em função do trabalho de MARTINS e PIRES (2019), que utilizam esta condição operacional na reação de saponificação do acetato de etila. Assim, seria possível comparar os resultados dos microrreatores com reatores que do tipo tubular e tanque agitado destes autores.

Com finalidade de realizar as análises individuais do desempenho de cada microdispositivo, aplicou-se a titulometria. Coletaram-se amostras de 10mL de 30 em 30 segundos, até atingir 5 minutos de passagem dos reagentes nos equipamentos, essas amostras foram depositadas em Erlenmeyers que já continham 15mL de Ácido Clorídrico (HCl) 0,1 mol/L, após a mistura dos mesmos acrescentou se 5 gotas da solução indicadora de Fenolftaleína 1%, como titulante utilizou se uma solução de Hidróxido de Sódio 0,01 mol/L. Ressaltando que estes procedimentos foram realizados em triplicata para cada um dos microrreatores.

Logo após a realização das titulações com os dados obtidos nos experimentos, foram determinadas as concentrações por intermédio da aplicação da Equação (2), e na seqüência com o intuito de encontrar às conversões de ambos os microrreatores, desenvolveu-se o cálculo da Equação (3).

$$C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = C_{\text{OH}^-, \text{amostra}} \cdot V_{\text{amostra}} + C_{\text{OH}^-, \text{titulante}} \cdot V_{\text{OH}^-, \text{titulante}} \quad (2)$$

$$X = \frac{C_{\text{OH}^-, \text{inicial}} - C_{\text{OH}^-, \text{amostra}}}{C_{\text{OH}^-, \text{inicial}}} \quad (3)$$

As conversões de cada reator foram consideradas a partir da média aritmética da triplicata.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a impressão do reator Modelo 1, foram necessárias 4h44 de trabalho da impressora e 14,99m de filamento ABS. Já o Modelo 2, foram utilizadas 6h11, neste foram empregados 20,63m do material. A Figura 5 mostra a impressão de uma amostra com um corte a fim de verificar a qualidade da impressão dos canais.

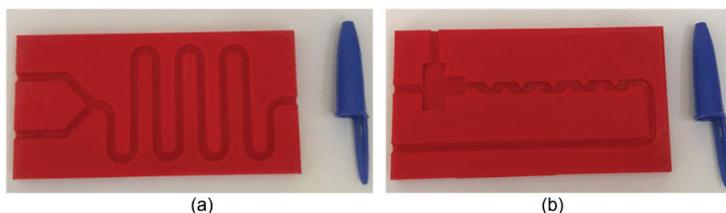


Figura 5 – Corte nos reatores para análise da qualidade dos microcanais: (a) Modelo 1 e (b) Modelo 2.

Os experimentos foram realizados em temperatura ambiente próxima de 30°C. No decorrer da passagem dos reagentes nos canais dos microrreatores, foram recolhidas as amostras de cada equipamento, onde por mediação da titulação possibilitou o cálculo da concentração de hidróxido de sódio através da Equação (2) e posteriormente a conversão dos microdispositivos pela Equação (3). Nas Figuras 6 e 7 estão apresentados as concentrações de hidróxido de sódio na saída de cada microrreator. As medições começaram em 30s visto que este é o tempo necessário para coletar as primeiras amostras dos microrreatores após a injeção dos reagentes. Nota-se que o reator inicia a produção próximo da condição de estado estacionário.

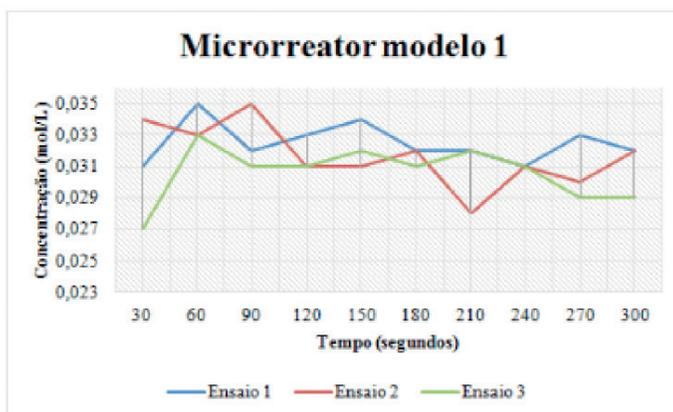


Figura 6 - Concentração de Hidróxido de Sódio x Tempo para o Modelo 1.

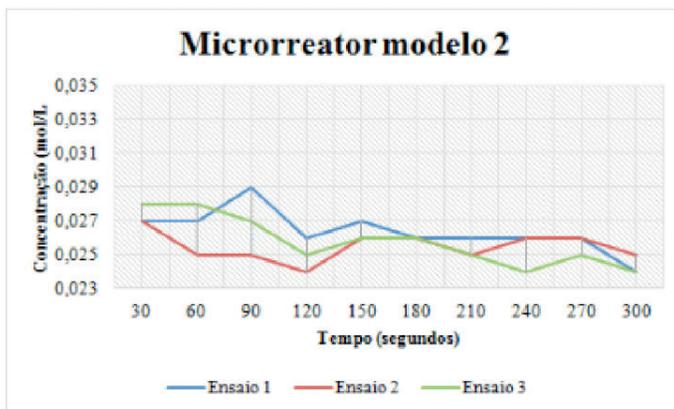


Figura 7 - Concentração de Hidróxido de Sódio x Tempo para o Modelo 2.

Dessa forma, as conversões experimentais foram estimadas em 68% para o Modelo 1 e 74% para o Modelo 2. Observa-se que a conversão do microrreator Modelo 2 é 6% maior que a do Modelo 1 e isso pode ser atribuído à geometria do mesmo. Ambos os fluxos dos microrreatores foram determinados como laminares ao encontrar o número de Reynolds para os mesmos, no modelo 1 ($Re = 0,416$) e para o modelo 2 ($Re = 0,278$).

Porém, existe um diferencial no comportamento do fluxo no microrreator 2 que possui uma parte do seu canal com chicanas, as quais desempenham o papel mais importante no processo de transporte em massa. Devido à diferente forma do canal de seção transversal, o fluxo regularmente se estende, dobra e rompe e esses efeitos intensificam significativamente o transporte de massa transversal e, portanto, a taxa de mistura e o desempenho do reator da mesma forma são intensificados. A eficiência da mistura depende fortemente do regime de convecção, essa eficiência de mistura pode ser significativamente melhorada, aproveitando a recirculação laminar induzida pelos ângulos em zigue-zague, o chamado fluxo de vórtice, semelhante ao observado na Figura 8.

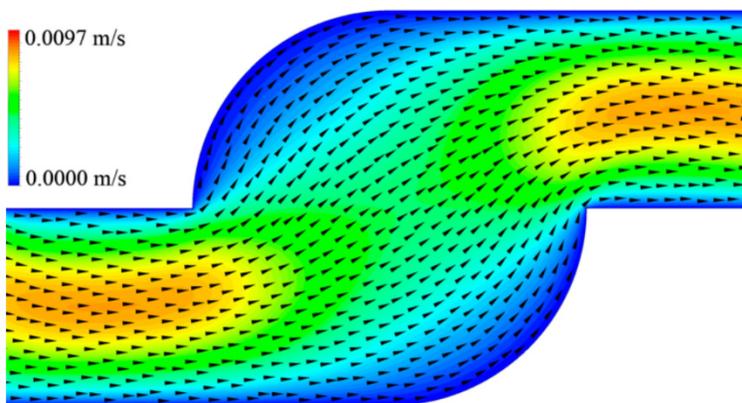


FIGURA 8 - Distribuição da velocidade ao longo do microcanal chicana para baixos números de Reynolds

Fonte: Adaptado de KHAYDAROV *et al.*, 2018.

As conversões obtidas nos experimentos foram comparadas com a de um reator tanque agitado contínuo e um tubular, em mesmas condições operacionais, oriundas do trabalho de MARTINS e PIRES (2019). Neste trabalho, foi observada que a conversão do tanque agitado foi de 65,1% enquanto do reator tubular, 82,4%.

Mesmo o reator de tanque agitado possuindo um volume aproximadamente 100 vezes maior que dos microdispositivos, onde o volume era próximo de 2 mL, os mesmos conseguiram alcançar uma conversão superior, sendo que o Modelo 2 obteve uma diferença de 8,9%. Tais resultados são reflexos dos aspectos relacionados a geometria dos microrreatores como já discutidos anteriormente, bem como o reator de tanque agitado na prática não conseguir manter uma mistura perfeita e completa. Este pode apresentar gradientes de concentração, ou seja, suas propriedades não são constantes em todos os pontos do volume reacional. Em relação ao reator tubular, cuja conversão os equipamentos desenvolvidos não conseguiram alcançar, pode-se atribuir ao fato do microreator se assemelhar em sua geometria, mas possivelmente não promover o mesmo grau de mistura que o reator em escala maior.

4 | CONCLUSÕES

Assim, sabendo que há uma crescente busca por novos desenvolvimentos alinhados a produção localizada e a plantas miniaturizadas, engenheiros químicos ao redor do globo buscam criar/aperfeiçoar novos e menores equipamentos, que sejam melhores que os macros ou tão eficientes quanto. Dessa maneira o presente artigo cobriu a construção e análise do desempenho de microrreatores fabricados por manufatura aditiva, sendo possível investigar a aplicabilidade dos mesmos de

maneira experimental. Com base no que foi apresentado fica clara a eficiência dos microdispositivos produzidos por manufatura aditiva.

Acerca da execução dos ensaios nos microrreatores, pode se dizer que houve dificuldades para sanar problemas decorrentes de vazamentos nos tubos que interligavam os mesmos as bombas peristálticas, necessitando assim de diversos testes para garantir um escoamento estável.

Em relação às conversões atingidas em cada microdispositivo, fica claro que o microrreator Modelo 2 apresentou um melhor desempenho operacional quando comparado ao Modelo 1 e quando comparados a reatores que se assemelham a um CSTR e um PFR, demonstraram resultados relevantes, evidenciando que os mesmos em mesmas condições operacionais ultrapassam a conversão do CSTR, mesmo sendo 100 vezes menor que este. Em relação a um reator tubular, a conversão foi menor.

REFERÊNCIAS

ACHILLE, C; AMELOOT, R; KUHN, S; PARRA-CABRERA, C. 3D Printing in chemical engineering and catalytic technology: structured catalysts, mixers and reactors. **The royal society of chemistry**. [S.l.], p.209-230, set. 2017.

AMBROSI, A; PUMERA, M. 3D-Printing technologies for electrochemical applications. **Chemical society reviews**. [S. l.], p. 2740-2755. abr. 2016.

BARAN, T; KLAMA, P; WOJTYŁA, S. Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon. **Journal of occupational and environmental hygiene**. [S.l.], p.80-85, fev. 2017.

CAMPBELL, T; GARRET, B; IVANOVA, O; WILLIAMS, C. **Could 3D printing change the world? Technologies, potencial and implications of additive manufacturing**. In: Atlantic Council – Ideas. Influence. Impact., 2011, p. 1-16.

CIAGLIA, T; GLOTZ, G; GUTMANN, B. Design and 3D printing of a stainless steel reactor for continuous difluoromethylations using fluoroform. **Royal society of chemistry**. [S. l.], p. 919-927. set. 2017.

GEBHARDT, Andreas; HÖTTER, Jan-Steffen. **Additive Manufacturing**. München: Hanser, 2016.

GOU, J; HUI, D; JIANG, M; WANG, X; ZHOU, Z. 3D Printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*. **Composites part b: engineering**. p. 442-458, set. 2016.

HASWELL, S J.; WATTS, P. The application of microreactors for organic synthesis. **Chemical Society Reviews**. p. 235-246, 2005.

INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS. A Roadmap for 21st Century Chemical Engineering. **Icheme**, p.10-12, maio 2007.

IWASAKI, T; SUGA, S; YOSHIDA, J. Enhancement of chemical selectivity by microreactors. **Chemical engineering and technology**, p. 259-266, 2005.

KEIL, F.J. Process intensification. **Reviews in chemical engineering**, p. 135-200, 2018.

KHAYDAROV, V.; BOROVIKSKAYA, E.; RESCHETILOWSKI, W. Numerical and Experimental Investigations of a Micromixer with Chicane Mixing Geometry. **Applied Sciences**, v. 8, n. 12, p. 1-16, 2018.

KRÜGER, Adolfo Guilherme; REIS, Camila dos Santos; POSTAL, Kahoana. **Cinética da saponificação do Acetato de Etila - Determinação da constante de velocidade da reação**, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2013.

MACHADO, A.H.L.; PANDOLI, O.; MIRANDA, L. S. M.; DE SOUZA, R. O. M. A. Micro reatores: Novas oportunidades em síntese química. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 4, p. 1076-1085, 2014.

MARTINS, D.; PIRES, J.F. Construção de reatores contínuos: tanque agitado e reator tubular para avaliação de desempenho na reação de saponificação do acetato de etila. **Núcleo do Conhecimento**, Ed. 10, v. 02, p. 176-200, 2019.

SANTANA, H.S.; TORTOLA, D.S.; JR SILVA, J.L.; TARANTO, O.P. Biodiesel synthesis in micromixer with static elements. **Energy Conversion and Management**, v. 141, p.28-39, 2017.

STANKIEWICZ, A.; MOULIJN, J A.. **Re-engineering the chemical processing plant: Process Intensification**. Marcel Dekker, 2004.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 41, 63
Aguapé 180, 181, 184, 185, 187, 188, 190, 191
Águas Pluviais 176, 177, 178, 179
Amido 95, 97, 98, 99, 104, 107, 115
Auditiva 39, 40, 41, 42, 51, 52

B

Bacia hidrográfica 169, 177
Balanço hídrico 169
Biodegradação 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115
Biofiltros 183
Blenda 95, 99, 100, 102, 104, 110, 112
Buriti 137, 138, 139, 140, 141, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

Campo Eletromagnético 66, 67, 68, 79, 80, 81
Coliformes 180, 182, 189, 190
Computadores 27, 32, 33, 34, 35, 86
Computer 1, 2, 14, 26, 33, 37, 85
Condutividade 180, 185, 187
Contaminada 182
Corrente elétrica 61, 66, 67, 80, 81, 152, 164
COVID-19 1, 8, 9, 13

D

Dados demográficos 172
Deep Learning 2, 11, 12
Deficiência 39, 40, 41, 42, 50, 51, 52
Degradação 95, 97, 99, 100, 102, 104, 108, 109, 113, 114, 152, 155, 162, 175, 177
Dermocosméticos 138, 139, 150, 151
Desempenho 26, 29, 30, 32, 33, 34, 64, 68, 83, 88, 89, 91, 92, 93, 124, 126, 127, 184
Dinâmica Molecular 26, 27, 28, 30, 31, 34, 36

Disaggregation of loads 14, 24
Dispositivo 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 55
Drenagem 168, 170, 171, 172, 175, 176, 177, 178, 179

E

Embalagem 152, 154, 155, 156, 159
Emulsão 137, 142, 143, 144, 147
Estabilidade 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150
Experiências 40, 60, 64

F

Faturamento 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64
Filtração 122, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191

H

Health 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 149, 181

I

Internet 2, 3, 5, 6, 11, 15, 25, 56, 58

M

Machine Learning 2, 10
Manufatura 83, 85, 87, 92, 93
Medidores 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64
memória 29, 31, 32, 33, 34, 35, 48
Microrreatores 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

N

Neural Networks 2, 14, 15, 24

O

Órteses 41

P

Pandemic 1, 8, 9, 10
Polímeros 97, 98, 115, 167
Processos 25, 30, 33, 34, 35, 55, 84, 85, 86, 97, 102, 116, 118, 121, 128, 132, 165, 177, 183, 192
Protótipo 39, 50, 51, 83, 86, 155, 156, 160, 165

R

Reciclagem 118, 152, 153, 154, 155, 159, 165, 166, 167

S

Saponificação 83, 88, 89, 94

Simulação 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 81, 134, 192

Smart Grid 14, 15, 24, 25, 65

T

Tecnologia assistiva 39, 40, 51

Telecommunications 1, 2, 4

Telemedicine 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

U

Urbana 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179

V

Viscosidade 137, 143, 147, 148, 149

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria