



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)


Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.6972111021

CAPÍTULO 2..... 17

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

DOI 10.22533/at.ed.6972111022

CAPÍTULO 3..... 22

ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE CaCO_3 E Ca(OH)_2 EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

DOI 10.22533/at.ed.6972111023

CAPÍTULO 4..... 33

FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6972111024

CAPÍTULO 5..... 54

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.6972111025

CAPÍTULO 6..... 68

ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.6972111026

CAPÍTULO 7..... 75

APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.6972111027

CAPÍTULO 8..... 87

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6972111028

CAPÍTULO 9..... 96

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinicio Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

DOI 10.22533/at.ed.6972111029

CAPÍTULO 10..... 105

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.69721110210

CAPÍTULO 11	117
SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Alexandre Fernandes Santos	
Jeová Alves Diniz Junior	
Heraldo José Lopes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110211	
CAPÍTULO 12	131
USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA	
Alexandre Fernandes Santos	
Paulo Henrique Colombo	
Heraldo José Lopes de Souza	
Fabio Francisco Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110212	
CAPÍTULO 13	143
MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA	
João Pedro dos Santos Silva	
Pedro Henrique dos Santos Almeida	
Letícia Chaves Lima Cananéa	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110213	
CAPÍTULO 14	153
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS	
Juliana Gomes da Silva	
Savio Raider Matos Sarkis	
DOI 10.22533/at.ed.69721110214	
CAPÍTULO 15	173
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL	
Andrezza de Oliveira Agápito	
Dalessandro Soares Vianna	
Marcilene de Fátima Dianin Vianna	
Edwin Benito Mitacc Meza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110215	
CAPÍTULO 16	185
IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL	
Yuri de Oliveira Godoy	

Aldo Muro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.69721110216

CAPÍTULO 17..... 196

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

DOI 10.22533/at.ed.69721110217

CAPÍTULO 18..... 211

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

DOI 10.22533/at.ed.69721110218

CAPÍTULO 19..... 222

A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.69721110219

CAPÍTULO 20..... 240

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

DOI 10.22533/at.ed.69721110220

SOBRE OS ORGANIZADORES 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: UMA REVISÃO

Data de aceite: 01/02/2021

Victor José Romão dos Santos

Graduando do 10º período do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Suellen Cristine Meira

Professora Orientadora, Doutoranda em Engenharia Química, docente do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

Artigo apresentado como requisito parcial de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso do Graduando

RESUMO: A geração crescente de grandes volumes de efluentes industriais oleosos com elevado teor de óleo emulsionado associada com a preocupação da sociedade com conservação ambiental e a saúde humana, tem se mostrado um grande desafio para muitos pesquisadores. Uma alternativa para esse problema é o desenvolvimento de membranas de ultrafiltração (UF) com resistência à incrustação para a separação óleo/água eficiente. Este trabalho teve por objetivo buscar na literatura, através de uma pesquisa de revisão, os recentes avanços em relação ao problema de incrustação das membranas UF durante a remoção de óleos e outros contaminantes da emulsão óleo-água, que apresentem potencial para aplicação no tratamento de efluentes industriais oleosos. Os resultados obtidos dos artigos primários foram analisados e discutidos levando à conclusão que

as membranas PES/P(PEG-b-TFOA) e PSF/PVP/LDH-Mt apresentaram maior eficiência e as membranas PES/Cloisite(15A-30B), PES isotrópica e PVA/poliéster/AC/TiO₂ apresentam menor eficiência no processo de separação da emulsão óleo/água.

PALAVRAS-CHAVE: Membranas de ultrafiltração; anti-incrustação; tratamento de águas residuais; separação óleo-água; retenção de óleo.

ABSTRACT: The increasing generation of large volumes of oily industrial effluents with a high content of emulsified oil associated with society's concern with environmental conservation and human health, has proved to be a great challenge for many researchers. An alternative to this problem is the development of ultrafiltration (UF) membranes with incrustation resistance for efficient oil/water separation. This work aimed to search in the literature, through a revision research, the recent advances in relation to the problem of fouling UF membranes during the removal of oils and other contaminants from the oil-water emulsion, which have the potential for application in oily industrial effluents. The results obtained from the primary articles were analyzed and discussed, leading to the conclusion that the PES/P (PEG-b-TFOA) and PSF/PVP/LDH-Mt membranes showed greater efficiency and the PES/Cloisite(15A-30B), PES membranes isotropic and PVA/polyester/AC/TiO₂ present less efficiency in the separation process of the oil / water emulsion.

KEYWORDS: Ultrafiltration membranes; antifouling; wastewater treatment; oil-water

separation; oil retention.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o tratamento adequado de águas residuais oleosas tem se mostrado um grande desafio para muitos pesquisadores, devido a presença de óleo emulsionado que dificulta o processo de separação óleo-água. A geração de grandes volumes desses efluentes oriundos de diferentes segmentos industriais, como o refino do petróleo e a indústria petroquímica, associada com a preocupação da sociedade com a conservação ambiental cada vez maior, contribuem para intensificar os estudos acerca desta problemática (ZARGHAMI; MOHAMMADI; SADRZADEH; VAN DER BRUGGEN, 2019).

Diante disso, percebe-se paralelamente a necessidade de adoção de práticas redutoras de impactos socioambientais por parte de empresas que exercem atividades com potencial em causar danos ao meio ambiente, tanto para eliminar passivos existentes, quanto para evitar a criação de um novo passivo (AL-AMIN; O'BRIEN; LASHBROOK, 2013; SANDERSON, 2017). Além de efetivarem a dignidade humana através do que está previsto na legislação, salvaguardando os direitos fundamentais, de modo a garantir um meio ambiente equilibrado e a qualidade de vida (AMARANTE; ALVA, 2018).

Ainda assim, a contaminação do solo e de recursos hídricos pela deposição de efluentes fora dos parâmetros determinados e por acidentes envolvendo derramamento de petróleo e seus derivados é uma realidade (DANTAS, 2015). Entre as empresas que estão constantemente sujeitas à esta situação, podemos citar as do setor elétrico, cujo fluido dielétrico, constituído por óleo mineral isolante, presente em transformadores de potência e de distribuição representam um grande risco, devido a explosões, falhas e vazamentos, que, quando ocorrem, despejam o líquido tóxico (FERNÁNDEZ; ORTIZ; DELGADO; RENEDO; PÉREZ, 2013).

Para a separação óleo-água eficiente em bacias de contenção destes equipamentos, entre outros equipamentos industriais, são utilizados os filtros de água anti-hidrocarbonetos constituídos por um polímero oleofílico e hidrofóbico. Tais dispositivos apresentam estrutura compacta e possuem uma ampla faixa de vazão na evacuação da água de escoamento; e bloqueio instantâneo dos tanques de retenção em caso de vazamento repentino de hidrocarbonetos. Os mesmos são produzidos com tecnologia patenteada e distribuídos na América Latina com exclusividade por uma empresa com sede no estado de São Paulo (FILTRELEC, 2019). Conseqüentemente, esses filtros possuem elevado custo de aquisição.

Uma tecnologia alternativa são membranas de ultrafiltração (UF), que apresentam uma melhor qualidade da água tratada e não requerem a troca frequente conforme os filtros anti-hidrocarbonetos existentes. Porém, um fator limitante em processos de separação que empregam membranas é a incrustação provocada pela adsorção de surfactantes e

contaminantes oleosos em sua superfície. Apesar da maioria das membranas poderem ser reutilizadas após tratamentos físico e/ou químicos de limpeza, estes processos podem ser dispendiosos e financeiramente onerosos (DICKHOUT; MORENO; BIESHEUVEL; BOELS; DE VOS; LAMMERTINK, 2017).

Até a presente data, a maioria das pesquisas concentra-se no projeto e preparação de várias membranas. Menos atenção é dada às investigações aprofundadas do processo de separação óleo/água e à compreensão de como as gotículas de óleo se desmulsificaram e coalesceram nas superfícies das membranas, o que muitas vezes é negligenciado, mas é muito importante. Esclarecer este ponto pode fornecer uma orientação teórica para projetar membranas de alto desempenho. (ZHU; WANG; JIANG; JIN, 2014, p. 8, tradução nossa)¹.

Partindo-se desta perspectiva, o desenvolvimento deste estudo é justificado por sua contribuição para ampliação do conhecimento científico, através da necessidade de verificar e discutir soluções para o processo de incrustação das membranas durante o tratamento de efluentes, além de fornecer informações relevantes para pesquisa e desenvolvimento de métodos de retenção de hidrocarbonetos que sejam economicamente viáveis, contribuindo para assegurar a sustentabilidade econômica de empresas, tais como as do setor elétrico, entre outras.

Este trabalho teve por objetivo, buscar na literatura os recentes avanços em relação ao problema de incrustação das membranas UF durante a remoção de óleos e outros contaminantes da emulsão óleo-água, que apresentem potencial para aplicação no tratamento de efluentes industriais oleosos.

2 | REVISÃO TEÓRICA

Nesta seção foram abordados tópicos complementares contendo informações relevantes que auxiliarão na compreensão desta pesquisa.

2.1 Contexto legal

No Brasil, os limites máximos para a concentração de óleos e graxas em efluentes são de até 20 mg·L⁻¹ para óleos minerais e 50 mg·L⁻¹ para óleos vegetais e gorduras animais, estabelecidos pela Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2011, v. 92, p. 89) que “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.”, esta outra “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e

¹ To date, most research focuses on the design and preparation of various membranes. Less attention is paid to in-depth investigations of the oil/water separation process and understanding how the oil droplets demulsified and coalesced together at membrane surfaces, which is often neglected but very important. Clarifying this point could provide a theoretical direction for designing high-performance membranes.

padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.” (CONAMA, 2005, v. 53, p. 58-63).

2.2 Materiais para sorção de óleos

Estudos recentes têm abordado o desenvolvimento de materiais alternativos para remediar áreas impactadas por materiais oleosos, como bagaço de cana-de-açúcar, fibras vegetais, argilas e espumas de poliuretano, em particular, essas espumas apresentam matriz polimérica hidrofóbica com grande capacidade de absorção de hidrocarbonetos e rejeição da água (SANTOS; SILVA, M. C.; SILVA; MUSSEL; YOSHIDA, 2017).

No entanto, estes materiais não desempenham a separação óleo-água de maneira satisfatória, pois podem ser facilmente contaminados e até mesmo obstruídos por óleos e resíduos sólidos, ademais, a água tende a se depositar abaixo da maioria dos óleo, em decorrência de sua densidade ser mais elevada, e a formar uma película repelente acima do material de separação, dificultando o processo de sorção (ZARGHAMI; MOHAMMADI; SADRZADEH; VAN DER BRUGGEN, 2019).

2.3 Filtros anti-hidrocarbonetos

O projeto, fabricação e distribuição de filtros de água anti-hidrocarbonetos para transformadores elétricos e equipamentos industriais, FILTRELEC® é a maior gama destes produtos no mercado atualmente. Estes são desenvolvidos utilizando uma tecnologia patenteada amplamente utilizada nos Estados Unidos e no Canadá e são distribuídos na América Latina exclusivamente por uma empresa com sede no estado de São Paulo. Os filtros são constituídos por um polímero oleofílico e hidrófobo que retém definitivamente os hidrocarbonetos, respondendo as necessidades específicas em termos de vazão de águas pluviais ou da rapidez de solidificação em caso de vazamento de óleo (FILTRELEC, 2019).

Os produtos desta marca são compostos por um cartucho de filtragem e pelo respectivo pré-filtro, evitando assim o engorduramento do cartucho pelas sujidades sólidas contidas na água a ser filtrada. Alguns dos produtos disponibilizados pela FILTRELEC® neste segmento são: filtro separador de água e óleo, com cartucho recarregável, para óleos específicos, de alto fluxo, além dos filtros personalizados (FILTRELEC, 2019).

2.4 Membranas de ultrafiltração

Outra tecnologia muito eficiente que tem ganhado destaque recentemente para a recuperação de óleos, entre outras atribuições, são as membranas UF. Esses dispositivos semipermeáveis apresentam estrutura mesoporosa, em que a força motriz atuante é a diferença de pressão através da membrana e seus poros que possuem dimensões entre 2 a 50 nm. Esse princípio de funcionamento permite a passagem de água e de sais dissolvidos, retraindo coloides e macromoléculas (PADAKI; SURYA MURALI; ABDULLAH; MISDAN; MOSLEHYANI; KASSIM; HILAL; ISMAIL, 2015).

Diferentes métodos de síntese de membranas, aplicados a misturas de polímero

hidrofóbicos com polímeros e/ou nanomateriais hidrofílicos, revestimento de superfície e enxerto de superfície, são abordagens propostas para modificação de membranas. “Essas membranas hidrofílicas podem separar efetivamente o óleo/água e simultaneamente inibir o declínio do fluxo causado pela incrustação.” (ZHU; XIE; LI; XING; JIN, 2015, p. 3, tradução nossa)².

As membranas poliméricas UF são sintetizadas a partir dos polímeros, entre os quais a poliétersulfona (PES) é um dos materiais poliméricos mais importantes e é amplamente utilizado no campo da separação (ABDEL-ATY; AZIZ; AHMED; ELSHERBINY; PANGLISCH; ULBRICHT; KHALIL, 2020). Outros polímeros utilizados para a preparação de membranas são a poliácridonitrina (PAN) (KOVÁCS; VERÉB; KERTÉSZ; BESZÉDES; HODÚR; LÁSZLÓ, 2018); o polifluoreto de vinilideno (PVDF) (SHEN; HAO; ZHANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU; BAI, 2018); a polisulfona (PSF) (MAKWANA; POLISETTI; CASTAÑO; RAY; BAJAJ, 2020); e o polivinil álcool (PVA) (CHEPI; PEYRAVI; JAHANSAHI, 2020).

3 | METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura. O objetivo deste tipo de pesquisa é responder a uma pergunta norteadora específica ou série de questões em concordância com os critérios de inclusão pré-estabelecidos (PETERS; GODFREY; KHALIL; MCINERNEY; PARKER; SOARES, 2015). O desenvolvimento desta revisão perpassou pelas seguintes etapas: Escolha do tema; Definição dos critérios de inclusão; Definição da pergunta norteadora; Análise das informações extraídas dos artigos primários; Interpretação dos resultados; e Elaboração do conhecimento sintetizado.

3.1 Escolha do tema

Dada a importância que a tecnologia de ultrafiltração por membranas tem atraído nos últimos anos para o processo de separação de emulsão óleo/água em diversos processos industriais, o tema central para esta revisão foi a investigação de membranas UF com propriedades anti-incrustantes desenvolvidas recentemente.

3.2 Definição dos critérios de inclusão

Os critérios de inclusão utilizados foram artigos científicos completos publicados em periódicos de interesse entre os anos de 2015 e 2020, correspondentes ao tema em questão, disponíveis no idioma inglês, nas bibliotecas digitais Google Acadêmico, Science Direct e o Portal de Periódicos CAPES. Os artigos incoerentes com os fatores limitadores, repetidos nas bases de dados ou que foram publicadas em periódicos diferentes dos preconizados foram excluídos.

O levantamento dos dados ocorreu entre os meses de agosto e setembro de 2020.

² These hydrophilic membranes could effectively separate the oil/water and simultaneously inhibit the flux decline caused by fouling.

Avaliou-se inicialmente os materiais encontrados pela leitura dos títulos e resumos. Em circunstâncias que não foi possível determinar a elegibilidade por este método, analisou-se o conteúdo das publicações integralmente.

3.3 Definição da pergunta norteadora

A questão que direcionou o estudo foi: “Quais possíveis soluções para o problema de incrustação das membranas de ultrafiltração foram desenvolvidas e propostas recentemente para melhorar a eficiência do tratamento de águas residuais oleosas?”. Esta pergunta auxiliou na construção das palavras-chave e na determinação das informações a serem extraídas dos artigos revisados (métodos propostos para diminuição da incrustação das membranas a partir de modificações superficiais e/ou estruturais e os principais resultados obtidos).

Elaborou-se as seguintes palavras-chave: membranas de ultrafiltração; anti-incrustação; tratamento de águas residuais; separação óleo-água; retenção de óleo. Entretanto, considerando a escassez de conhecimento científico correspondente à temática proposta publicado no idioma português, as mesmas foram utilizadas na língua inglesa: ultrafiltration membranes; antifouling; wastewater treatment; oil-water separation; oil retention.

3.4 Análise das informações extraídas dos artigos primários

A análise descritiva foi implementada possibilitando a observação e correlação adequada dos dados. Utilizou-se um quadro como ferramenta para organizar e identificar os artigos primários contendo autores, ano de publicação, título e periódico, visando facilitar a análise da discussão.

3.5 Interpretação dos resultados

A correlação entre os dados dos diferentes artigos analisados neste estudo e a interpretação dos resultados positivos e dos pontos de melhoria em relação às membranas com propriedades anti-incrustantes, são descritas detalhadamente na seção 4 (RESULTADOS E DISCUSSÃO).

3.6 Elaboração do conhecimento sintetizado

A síntese do conhecimento desenvolvido no presente trabalho culminou na elaboração deste artigo de revisão.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 41 resultados entre os anos de 2015 e 2020, dentre os quais foram selecionadas 10 publicações que preencheram os pré-requisitos. As descrições dos artigos utilizados neste trabalho (autores, ano de publicação, título e periódico) encontram-se dispostas no Quadro 1.

Artigo	Autores/Ano	Título	Periódico
01	ZHANG, G.; JIANG, ZHANG, Q.; ZHAN; CHEN, 2017	Amphiphilic Poly(ether sulfone) Membranes for Oil/Water Separation: Effect of Sequence Structure of the Modifier	AIChE Journal
02	KOVÁCS; VERÉB; KERTÉSZ; BESZÉDES; HODÚR; LÁSZLÓ, 2018	Investigation of surface and filtration properties of TiO ₂ coated ultrafiltration polyacrylonitrile membranes	Water Science & Technology
03	ZHANG; SUN; WEI; LIU, 2018	Effect of formation of micro reaction locations (MRLs) on properties of polyvinylidene fluoride (PVDF) membranes	Journal of Membrane Science
04	SHEN; HAO; ZHANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU; BAI, 2018	Enhancing the Antifouling Properties of Poly(vinylidene fluoride) (PVDF) Membrane through a Novel Blending and Surface-Grafting Modification Approach	ACS Omega
05	AHMAD; OTITOJU; OOI, 2018	Optimization of a high performance 3-aminopropyltriethoxysilanesilica impregnated polyethersulfone membrane using response surface methodology for ultrafiltration of synthetic oil-water emulsion	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers
06	DARAEI; GHAEMI, 2019	Synergistic effect of Cloisite 15A and 30B nanofillers on the characteristics of nanocomposite polyethersulfone membrane	Applied Clay Science
07	NAIK; PADAKI; DÉON; KARUNAKARAN; DIZGE; SAXENA, 2019	The efficient mixed matrix antifouling membrane for surfactant stabilized oil-in-water nanoemulsion separation	Journal of Water Process Engineering
08	MAKWANA; POLISETTI; CASTAÑO; RAY; BAJAJ, 2020	Mg-Fe layered double hydroxide modified montmorillonite as hydrophilic nanofiller in polysulfone- polyvinylpyrrolidone blend ultrafiltration membranes: separation of oil-water mixture	Applied Clay Science
09	ABDEL-ATY; AZIZ; AHMED; ELSHERBINY; PANGLISCH; ULBRICHT; KHALIL, 2020	High Performance Isotropic Polyethersulfone Membranes for Heavy Oil-in-Water Emulsion Separation	Separation and Purification Technology
10	CHEPI; PEYRAVI; JAHANSHAH, 2020	Ultrafiltration of O/W emulsion by dynamic polyester support: a comparison study between selfforming and precoated	Chemical Papers

Quadro 1 — Descrições dos artigos utilizados nesta revisão.

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Uma membrana PES modificada foi preparada no artigo 01 pelo método de separação de fases induzida por não solvente (do inglês, NIPS). Adicionou-se 0,3% (m:m) do copolímero anfifílico modificador dibloco P(PEG-*b*-TFOA) à solução de moldagem, que foi vertida em placa de vidro e imediatamente imersa em N,N-dimetilformamida (DMF) e água destilada (DMF/H₂O = 40/60, T = 10 °C) para coagulação. Obtendo-se a membrana PES/Blo, lavou-a com água destilada em abundância, sendo acondicionada em água destilada até o uso (ZHANG, G.; JIANG, ZHANG, Q.; ZHAN; CHEN, 2017).

O método de revestimento de superfície foi utilizado no artigo 02 em membranas PAN comerciais para ultrafiltração com área superficial de 0,00342 m². Preparou-se uma

suspensão de dióxido de titânio (TiO_2) em água destilada, que foi agitada a 300 rpm e posteriormente filtrada através da membrana para formação do revestimento. O processo de filtração ocorreu a 0,1 MPa. A quantidade de revestimento da membrana que apresentou melhor desempenho PAN + 0,3 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ de TiO_2 , foi medida pesando-se a membrana pura e a seca revestida (KOVÁCS; VERÉB; KERTÉSZ; BESZÉDES; HODÚR; LÁSZLÓ, 2018).

Membrana composta PVDF/MSYFZr-TiNs, foi preparada no artigo 03 através do método de inversão de fase. Inicialmente, adicionou-se partículas de MSYFZr-TiNs (nanotubos de superácido sólido TiO_2 revestido com perácido e modificado por dodecilbenzeno sulfonato de sódio) em dimetilacetamida (DMAc) sob agitação a 60 °C. Posteriormente, foi acrescentado o PVDF e dissolvido continuamente por agitação ultrassônica, seguido da adição de polivinilpirrolidona (PVP-K30), agente formador de poros. A solução homogênea de fundição obtida foi mantida em repouso durante 24 h à temperatura ambiente, e após esse período, moldou-se a membrana em placa de vidro com a espessura desejada (0,2 mm). Após uma pré-evaporação por exposição ao ar por 15 s, submergiu-se a membrana em água a 50 °C (ZHANG; SUN; WEI; LIU, 2018).

Uma membrana a partir da mistura de PVDF e P(VDF-co-CTFE) é preparada pelo método de precipitação por imersão no artigo 04. Primeiramente, dissolveu-se PVP (5% em massa) em N-metilpirrolidona (NMP). E em seguida, adicionada a mistura polimérica PVDF/P(VDF-co-CTFE) (6:4) sob agitação mecânica. Após a desaeração, a solução de fundição foi vertida em placa de vidro e imediatamente imersa em água deionizada a 60 °C para remover o solvente e solidificar a estrutura da membrana. A superfície da membrana foi modificada por enxerto de um copolímero tribloco P(VDF-co-CTFE)-g-PMAA-g-fPEG com grupos hidrofílicos e oleofóbicos (SHEN; HAO; ZHANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU; BAI, 2018).

Partículas APTES- SiO_2 (3-aminopropiltriétoxissilanossilica) foram utilizadas para modificar membrana PES no artigo 05. Sintetizou-se a membrana pelo método NIPS, a partir da solubilização de PES em DMAc, em que se adicionou uma quantidade pré-determinada de polietilenoglicol (PEG) e promoveu-se a dispersão em ultrassom. Em seguida, acrescentou-se partículas APTES- SiO_2 sob agitação contínua até obter-se uma mistura homogênea, que posteriormente à desgaseificação, foi utilizada para produzir membranas pelo processo de fiação úmida. Acondicionou-se as membranas obtidas em água para eliminação do solvente, após isso, foram mantidas em banho de glicerol e água (50:50) durante 24 h para evitar o colapso dos poros, e por último, secaram à temperatura ambiente (AHMAD; OTITOJU; OOI, 2018).

Membrana PES foi modificada no artigo 06 pela adição de nanoenchimento na matriz polimérica. Adicionou-se Cloisite 15A (hidrofóbico) e Cloisite 30B (hidrofílico) (1:1), ao DMAc à temperatura ambiente, obtendo-se uma solução com viscosidade adequada. Utilizou-se água desionizada como coagulante no método de inversão de fase aplicado no preparo de membranas planas com espessura de 150 μm , aproximadamente. A fundição

foi moldada em substratos de vidro, que forma mantidos em água até a separação de fases. Posteriormente, as membranas foram lavadas com água e secas à temperatura ambiente (DARAEI; GHAEMI, 2019).

Fabricou-se uma membrana de matriz mista PSF/ AlSi_2O_6 pelo processo de separação de fase induzida por difusão (do inglês, DIPS) no artigo 07. Nanopartículas de AlSi_2O_6 sintetizadas via método de precipitação foram dispersas com vibração ultrassônica em NMP para obtenção de suspensão uniforme. Adicionou-se a quantidade especificada de PSF na solução anterior, onde foi dissolvida com agitação constante. Após a desaeração, dispersou-se uniformemente a solução de fundição em placas de vidro, transferindo-as para um banho de água destilada para a separação de fases. E posteriormente, para um banho-maria para ganho de resistência mecânica e eliminação total de solvente (NAIK; PADAKI; DÉON; KARUNAKARAN; DIZGE; SAXENA, 2019).

O método de inversão de fase foi utilizado no artigo 08 para preparar membrana de mistura PSF/PVP modificada com nanoenchimento de hidróxido duplo em camadas de Mg-Fe (LDH-Mt) (1% em massa). Dissolveu-se as quantidades desejada do polímero seco e PVP em DMF sob agitação, formando-se uma solução polimérica homogênea, que foi desgaseificada em repouso por 24 h. A solução de polissulfona foi fundida na forma de um filme em tecido não tecido de poliéster de 80 μm e colocadas em banho-maria para inversão de fase. As membranas obtidas foram mantidas em água deionizada por 48 h para a remoção do solvente (MAKWANA; POLISETTI; CASTAÑO; RAY; BAJAJ, 2020).

A fabricação de membrana PES isotrópica é verificada no artigo 09 a partir dos métodos VIPS (separação de fase induzida por vapor não solvente) e NIPS combinados. Misturou-se completamente NPM e TEG na proporção desejada e acrescentou-se PVP e PES sob agitação por 5 dias para obter-se uma homogênea, que foi vertida em placas de vidro, com exposição instantânea ao ar úmido (UR: 80%) por 3 min. A membrana produzida foi mergulhada em água a 21 °C para coagulação, e armazenada após seca (ABDEL-ATY; AZIZ; AHMED; ELSHERBINY; PANGLISCH; ULBRICHT; KHALIL, 2020).

Para a preparação de membrana dinâmica (MD) no artigo 10, foi utilizada uma suspensão de partículas de material dinâmico AC/ TiO_2 (carvão ativado/dióxido de titânio) com tamanho superior em relação aos poros da membrana suporte PVA/poliéster, a uma concentração de 1 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Filtrou-se a mistura através da membrana suporte a 4 bar até que toda a suspensão esteja finalizada na câmara da célula. Neste caso, até a deposição das partículas de AC/ TiO_2 na superfície da membrana, teoricamente em torno de 0,1 g por área de membrana de suporte (CHEPI; PEYRAVI; JAHANSHAH, 2020).

Os principais resultados analisados nesta revisão que apresentaram efeitos na redução de incrustação nas membranas UF utilizadas em processos de separação de emulsão óleo-água, encontram-se descritos no Quadro 2.

Artigo	Tipos de membranas	WCA°	PF [L·m ⁻² ·h ⁻¹]	OR [%]	FRR [%]
01	PES/P(PEG-b-TFOA)	88,78	110,00	99,50	99,80
02	PAN/Ti ₀ 2	6,00 ± 2,00	480,00	96,00 ± 2,00	100,00
03	PVDF/MSYFZr-TiNs	< 36,00	354,00	93,48	98,50
04	PVDF/P(VDF-co-CTFE)/ P(VDF-co-CTFE)- g-PMAA-g-fPEG	63,70 ± 0,60	219,30	98,60	92,70
05	PES/APTES-Si ₀ 2	57,50	159,8 ± 7,00	99,20	90,50 ± 7,30
06	PES/Cloisite(15A-30B)	60,00 ± 2,00	7,00	99,10	95,00
07	PSF/AlSi ₂₀ 6	66,00	96,20	96,00	97,00
08	PSF/PVP/LDH-Mt	71,70	325,00	96,00	82,80
09	PES isotrópica	39,00	713,00	98,20	89,80
10	PVA/poliéster/AC/Ti ₀ 2	14,00	-	88,00	89,00

Legenda: WCA: Ângulo de contato da água; PF: Fluxo permeado; OR: Retenção de óleo; FRR: Taxa de recuperação de fluxo.

Quadro 2 — Principais resultados para melhoria da resistência à incrustação verificados nos artigos analisados.

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Os valores de ângulo de contato (do inglês, WCA) medidos nas membranas determina qualitativamente a receptividade da superfície à água. Avalia-se este dado depositando-se uma gota de água sobre ela e analisando se houve ou não espalhamento da gota. A redução do ângulo de contato da água, aumenta a hidrofiliabilidade de superfície e, conseqüentemente, a permeabilidade de água através das membranas tende a aumentar. Associação desta propriedade com uma superfície uniforme de menor rugosidade, resulta em uma diminuição da incrustação irreversível de óleos e surfactantes (RAJASEKHAR; TRINADH; BABU; SAINATH; REDDY, 2015).

Os artigos 01, 05, 06 e 09 relataram a preparação de membranas a partir de PES para a filtração de 1.000, 140, 1.000 e 1.000 ppm de emulsão óleo/água, respectivamente, apresentando praticamente a mesma eficiência de OR (entre 98,2 e 99,5 %). A membrana PES/P(PEG-b-TFOA) (artigo 01), exibiu o maior WCA, porém, devido ao enriquecimento de segmentos PTFOA de baixa energia na superfície heterogênea anfífilica química, demonstrou melhora nas propriedades anti-incrustantes, apresentando maior valor de FRR, com 95,9% de FRR no final de 3 ciclos de filtração a 0,1 MPa, demonstrando um PF aceitável (ZHANG, G.; JIANG, ZHANG, Q.; ZHAN; CHEN, 2017).

No artigo 05, a otimização da membrana PES impregnada com partículas APTES-SiO₂ exibiu significativo ganho de hidrofiliabilidade superficial. O ajuste dos parâmetros (17,25% PES em massa; 3,72% PEG em massa; 3,6% APTES-SiO₂ em massa; e temperatura do

banho de coagulação (CBT) em 15 °C), levou a formação de uma membrana apropriada com grande resistência à incrustação e elevado PF (AHMAD; OTITOJU; OOI, 2018).

Por outro lado, a membrana PES/Cloisite(15A-30B) (artigo 06) apresentou o menor desempenho em termos de PF para a filtração a uma maior pressão (0,3 MPa) em relação às demais membranas PES. A baixa permeabilidade pode ser explicada pela quantidade igualmente proporcional entre os nanoenchimentos Cloisite 15A e 30B, hidrofóbico e hidrofílico, respectivamente, que levaram à formação de uma superfície de membrana mais lisa, pela diminuição de nanoestruturas na matriz polimérica, que apesar de ser desejável para redução de incrustação impede a ampla permeação de fluxo devido a diminuição do tamanho dos poros (GHAEMI; NASIRMANESH, 2018).

A membrana PES isotrópica também se destaca em decorrência do grande PF obtido inicialmente em relação à demais membranas estudadas. Contudo, após 3 ciclos de filtração a 0,1 MPa, a FRR cai para 59,5%, que ainda representa um grande PF, porém, o desempenho de membranas depende principalmente de uma elevada resistência à incrustação irreversível, portanto um valor de FRR estável e preferível (LI, S.; ZHANG; CUI; LI, J.; HE, 2016; ABDEL-ATY; AZIZ; AHMED; ELSHERBINY; PANGLISCH; ULBRICHT; KHALIL, 2020).

O revestimento da membrana PAN (artigo 02) resultou no menor valor de WCA, fornecendo um aumento da hidrofiliabilidade superficial e o segundo maior PF ao tratar uma emulsão com concentração de óleo 10 vezes menor que as utilizadas pela maioria das membranas PES analisadas anteriormente (100 ppm). Considerando o desvio padrão ($\pm 2\%$), a eficiência de remoção de óleo é equivalente às OR das demais membranas deste estudo, com exceção da membrana PVA/poliéster/AC/TiO₂. A irradiação com luz ultravioleta (UV) provou ser um método eficaz para remoção de incrustação e recuperação quase total de FRR (KOVÁCS; VERÉB; KERTÉSZ; BESZÉDES; HODÚR; LÁSZLÓ, 2018; CHEPI; PEYRAVI; JAHANSHAH, 2020).

Os artigos 03 e 04 utilizaram membranas baseadas em PVDF. No artigo 03, verificou-se uma grande hidrofiliabilidade de superfície para a membrana composta PVDF/MSYFZr-TiNs, que em conjunto com uma estrutura porosa abundante, refletem na obtenção de um elevado PF para filtração de emulsão 50 ppm de óleo/água a 0,15 MPa, exibindo excelente resistência à incrustação, com FRR de 89,1% após 8 ciclos de filtração. Tal eficiência é explicada pela formação de locais de micro reação (MRLs) a partir dos grupos hidroxilas abundantes na superfície, que degradam os poluentes orgânicos (13%) e decompõem os poluentes inorgânicos (12%) (ZHANG; SUN; WEI; LIU, 2018).

O aumento da molhabilidade de superfície da membrana PVDF/P(VDF-co-CTFE)/P(VDF-co-CTFE)-g-PMAA-g-fPEG (artigo 04) é atribuído ao enxerto do copolímero tribloco, porém devido à sua grande estrutura, provocou a diminuição do tamanho dos poros, e consequentemente, redução do PF, que ainda pode ser considerado grande. A membrana atingiu taxas OR de 98,6; 97,3 e 96,2% após 1, 2 e 5 ciclos de filtração, respectivamente,

para emulsão 400 ppm de óleo/água a 0,1 MPa (GHAEMI; NASIRMANESH, 2018; SHEN; HAO; ZHANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU; BAI, 2018).

Membranas a partir de PSF foram fabricadas nos artigos 07 (PSF/AISi₂O₆) e 08 (PSF/PVP/LDH-Mt). Ambas apresentaram exatamente a mesma OR e hidrofiliicidade de superfície muito próximas. Mesmo operando a uma maior pressão (1 MPa) no tratamento de uma emulsão óleo/água menos concentrada (100 ppm), a membrana PSF/AISi₂O₆ mostrou-se menos eficiente em relação a membrana PSF/PVP/LDH-Mt na filtração de 1000 ppm de emulsão óleo/água a 0,14 MPa, havendo uma grande diferença entre os valores de PF e uma considerável redução na FRR. As nanopartículas AISi₂O₆ migram para a superfície da membrana durante a inversão de fase, aumentando sua rugosidade, e conseqüentemente, a incrustação irreversível, o que reduz PF (ZHU; XIE; LI; XING; JIN, 2015; NAIK; PADAKI; DÉON; KARUNAKARAN; DIZGE; SAXENA, 2019).

A membrana PVA/poliéster/AC/TiO₂ (artigo 10) apesar de apresentar uma elevada hidrofiliicidade de superfície, exibiu os piores valores de retenção de óleo e de recuperação da taxa de fluxo. Tais resultados são obtidos pois as membranas dinâmicas são formadas por uma superfície incrustante a partir da deposição de sólidos suspensos sobre uma membrana suporte, e mesmo que a filtração seja realizada sem agitação a eficiência de separação da emulsão óleo/água é reduzida (CHEPI; PEYRAVI; JAHANSHAH, 2020).

5 I CONCLUSÃO

As partir da análise e interpretação dos resultados obtidos, conclui-se que:

(I) Propostas para mitigação do problema de incrustação de membranas de ultrafiltração da emulsão óleo/água foram encontradas na literatura.

(II) As membranas PES/P(PEG-b-TFOA) e PSF/PVP/LDH-Mt mostraram maior eficiência no processo de separação de emulsões óleo/água muito concentradas em óleos e contaminantes, respectivamente.

(III) As membranas PES/APTES-SiO₂, PAN/TiO₂, PVDF/MSYFZr-TiNs, PVDF/P(VDF-co-CTFE)/P(VDF-co-CTFE)-g-PMAA-g-fPEG e PSF/AISi₂O₆ apresentaram boa eficiência para o tratamento de emulsões pouco concentradas.

(IV) Mais estudos são necessários para melhoria dos parâmetros PF, FRR e OR nas membras PES/Cloisite(15A-30B), PES isotrópica e PVA/poliéster/AC/TiO₂, a fim de validá-las para o processo de separação eficiente da emulsão óleo/água.

REFERÊNCIAS

ABDEL-ATY, A. A.; AZIZ, Y. S. A.; AHMED, R. M.; ELSHERBINY, I. M.; PANGLISCH, S.; ULBRICHT, M.; KHALIL, A. S. High performance isotropic polyethersulfone membranes for heavy oil-in-water emulsion separation. **Separation and Purification Technology**, Heverlee, v. 253, p. 117467, 2020.

AHMAD, A. L.; OTITOJU, T. A.; OOI, B. S. Otimização de uma membrana de polietersulfona impregnada com 3-aminopropiltrietoxissilano-sílica de alto desempenho usando metodologia de superfície de resposta para ultrafiltração de emulsão óleo-água sintética. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, Taiwan, v. 93, p. 461-476, 2018.

AL-AMIN, H.; O'BRIEN, J.; LASHBROOK, M. Synthetic ester transformer fluid: A total solution to windpark transformer technology. **Renewable energy**, Lemosos, v. 49, p. 33-38, 2013.

AMARANTE, I. C. S.; ALVA, J. C. R. Os impactos na saúde humana e no meio ambiente decorrentes do manejo e descarte indevidos dos resíduos de óleos lubrificantes. In: SEMOC – SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA, 21, 2018, Salvador. **Anais [...]** Salvador: UCSAL, 2018. 8 p.

CHEPI, N. G.; PEYRAVI, M.; JAHANSHAHI, M. Ultrafiltration of O/W emulsion by dynamic polyester support: a comparison study between self-forming and pre-coated. **Chemical Papers**, Bratislava, p. 1-12, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 53, p. 58-63, mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 92, p. 89, maio 2011.

ĆWIRKO, K.; TOMCZAK, E.; SZANIAWSKA, D.; BUCZKOWSKI, R. Pilot tests and fouling identification in the ultrafiltration of model oily and saline wastewaters. **Ecological Chemistry and Engineering S**, Opole, v. 26, n. 3, p. 493-507, 2019.

DANTAS, F. B. **Investigando os riscos de contaminação de vias hídricas pela indústria do petróleo**. 2015. 78 f. Monografia de Graduação (Bacharel em Geografia) Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

DARAEI, P.; GHAEMI, N. Synergistic effect of Cloisite 15A and 30B nanofillers on the characteristics of nanocomposite polyethersulfone membrane. **Applied Clay Science**, v. 172, p. 96-105, 2019.

DICKHOUT, J. M.; MORENO, J.; BIESHEUVEL, P. M.; BOELS, L.; DE VOS, W. M.; LAMMERTINK, R. G. H. Produced water treatment by membranes: a review from a colloidal perspective. **Journal of colloid and interface science**, Copenhagen, v. 487, p. 523-534, 2017.

EBRAHIMI, M.; KERKER, S.; SCHMITZ, O.; SCHMIDT, A. A.; CZERMAK, P. Evaluation of the fouling potential of ceramic membrane configurations designed for the treatment of oilfield produced water. **Separation Science and Technology**, Fayetteville, v. 53, n. 2, p. 349-363, 2018.

EBRAHIMI, M.; SCHMIDT, A. A.; KAPLAN, C.; SCHMITZ, O.; CZERMAK, P. Innovative Optical-Sensing Technology for the Online Fouling Characterization of Silicon Carbide Membranes during the Treatment of Oily Water. **Sensors**, Bari, v. 20, n. 4, p. 1161, 2020.

FERNÁNDEZ, I.; ORTIZ, A.; DELGADO, F.; RENEDO, C.; PEREZ, S. Avaliação comparativa de fluidos alternativos para transformadores de potência. **Electric Power Systems Research**, Bologna, v. 98, p. 58-69, 2013.

FILTRELEC: Projeto, fabricação e distribuição de filtros de água anti-hidrocarbonetos para transformadores elétricos e equipamentos industriais. 2019. Disponível em: <https://www.filtrelec.com.br>. Acesso em: 17 mar. 2020.

GHAEMI, N.; NASIRMANESH, F. Synthesis of a hybrid organic-inorganic polyethersulfone membrane incorporated with phosphotungstic acid: controversial performance in removal of dinitroaniline herbicides from water. **Journal of Cleaner Production**, Brno, v. 182, p. 259-271, 2018.

KOVÁCS, I.; VERÉB, G.; KERTÉSZ, S.; BESZÉDES, S.; HODÚR, C.; LÁSZLÓ, Z. Investigação das propriedades de superfície e filtração de membranas de poliacrilonitrila de ultrafiltração revestidas com TiO₂. **Water Science and Technology**, Sydney, v. 77, n. 4, pág. 931-938, 2018.

LI, S.; CUI, Z.; ZHANG, L.; HE, B.; LI, J. The effect of sulfonated polysulfone on the compatibility and structure of polyethersulfone-based blend membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 513, p. 1-11, 2016.

MAKWANA, D.; POLISETTI, V.; CASTAÑO, J.; RAY, P.; BAJAJ, H. C. Mg-Fe layered double hydroxide modified montmorillonite as hydrophilic nanofiller in polysulfone-polyvinylpyrrolidone blend ultrafiltration membranes: separation of oil-water mixture. **Applied Clay Science**, Guangzhou, v. 192, p. 105636, 2020.

NAIK, N. S.; PADAKI, M.; DÉON, S.; KARUNAKARAN, G.; DIZGE, N.; SAXENA, M. The efficient mixed matrix antifouling membrane for surfactant stabilized oil-in-water nanoemulsion separation. **Journal of Water Process Engineering**, Oxford, v. 32, p. 100959, 2019.

PADAKI, M.; SURYA MURALI, R.; ABDULLAH, M. S.; MISDAN, N.; MOSLEHYANI, A.; KASSIM, M. A.; HILAL, N.; ISMAIL, A. F. Membrane technology enhancement in oil–water separation. A review. **Desalination**, New York, v. 357, p. 197-207, 2015.

PETERS, M. D. J.; GODFREY, C. M.; KHALIL, H.; MCINERNEY, P.; PARKER, D.; SOARES, C. B. Guidance for conducting systematic scoping reviews. **International journal of evidence-based healthcare**, Adelaide, v. 13, n. 3, p. 141-146, 2015.

RAJASEKHAR, T.; TRINADH, M.; BABU, P. V.; SAINATH, A. V. S.; REDDY, A. V. R. Oil–water emulsion separation using ultrafiltration membranes based on novel blends of poly (vinylidene fluoride) and amphiphilic tri-block copolymer containing carboxylic acid functional group. **Journal of Membrane Science**, Singapore, v. 481, p. 82-93, 2015.

SANDERSON, K. **Avaliação da biodegradabilidade e toxicidade de fluidos dielétricos de transformadores em solo e meio aquático**. 2017. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química, Monitoramento e Controle Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

SANTOS, O. S. H.; SILVA, M. C.; SILVA, V. R.; MUSSEL, W. N.; YOSHIDA, M. I. Polyurethane foam impregnated with lignin as a filler for the removal of crude oil from contaminated water. **Journal of hazardous materials**, New York, v. 324, p. 406-413, 2017.

SHEN, S.; HAO, Y.; ZHANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU, X.; BAI, R. B. Enhancing the Antifouling Properties of Poly(vinylidene fluoride) (PVDF) Membrane through a Novel Blending and Surface-Grafting Modification Approach. **ACS omega**, Tirupati, v. 3, n. 12, p. 17403-17415, 2018.

ZARGHAMI, S.; MOHAMMADI, T.; SADRZADEH, M.; VAN DER BRUGGEN, B. Superhydrophilic and underwater superoleophobic membranes-a review of synthesis methods. **Progress in Polymer Science**, Pittsburgh, v. 98, p. 101166, 2019.

ZHANG, G.; JIANG, J.; ZHANG, Q.; ZHAN, X.; CHEN, F. Amphiphilic poly (ether sulfone) membranes for oil/water separation: effect of sequence structure of the modifier. **AIChE Journal**, New York, v. 63, n. 2, p. 739-750, 2017.

ZHANG, Y.; WEI, S.; HU, Y., SUN, S. Membrane technology in wastewater treatment enhanced by functional nanomaterials. **Journal of Cleaner Production**, Brno, v. 197, p. 339-348, 2018.

ZHU, Y.; WANG, D.; JIANG, L.; JIN, J. Recent progress in developing advanced membranes for emulsified oil/water separation. **NPG Asia Materials**, Tokyo, v. 6, n. 5, p. e101, 2014.

ZHU, Y.; XIE, W.; LI, J.; XING, T.; JIN, J. pH-Induced non-fouling membrane for effective separation of oil-in-water emulsion. **Journal of Membrane Science**, Singapore, v. 477, p. 131-138, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

N

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

O

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

P

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

R

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

S

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

T

Teste de proveta 22, 23, 24

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021