

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

Atena  
Editora  
Ano 2020

**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 Cremona

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.

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

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Dr. Adailson 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 Cagliariari – 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. 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 Alborno – 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

## Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-606-5  
DOI 10.22533/at.ed.065200912

1. Engenharia química. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

### Atena Editora

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



## APRESENTAÇÃO

A publicação de e-books no Brasil é uma importante ferramenta para a divulgação científica e a valorização das pesquisas e pode ajudar a desenvolver uma relação mais próxima entre a Academia e a Indústria. O presente livro mostra aspectos da pesquisa e transferência de tecnologia na engenharia química e suas áreas correlatas. Diversas patentes, materiais e equipamentos vêm sendo desenvolvidos buscando a melhora na qualidade de vida humana, na qualidade dos produtos consumidos e melhora ambiental e queremos mostrar estes trabalhos. O livro “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química” apresenta artigos na área de processos químicos, tecnologia química e ensino de química.

O e-book contém 8 capítulos, que abordam temas como biotecnologia; hidrólise enzimática; extração de lipídeos a partir de microalgas; síntese de materiais adsorventes a partir de resíduos; preparação de materiais para a remoção de contaminantes; formulações de combustíveis; formulação alimentar com adição de resíduo agroindustrial e produção de anti-incrustantes a partir de surfactantes naturais.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico na área de Engenharia Química, abordando conceitos de desenvolvimento e transferência de Tecnologia. Os artigos da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de tecnologia química, engenharia química e engenharia de bioprocessos.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **POTENCIAL APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA DO SORO DO QUEIJO NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE VALOR AGREGADO**

Paula Valéria Viotti  
Wardleison Martins Moreira  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante  
Marcelo Fernandes Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.0652009121**

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **MODELAGEM DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM DYNETICA UTILIZANDO ROTA METABÓLICA SIMPLIFICADA**

Matheus Yuri Gritzenco de Giovanni  
Renam Luis Acorsi  
Cid Marcos Gonçalves Andrade  
José Eduardo Olivo

**DOI 10.22533/at.ed.0652009122**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **ESTUDO DE TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDEOS DE ALGAS**

Carla Veronica Rodarte de Moura  
Daiane Fossatti Dall'Oglio  
Edmilson Miranda de Moura

**DOI 10.22533/at.ed.0652009123**

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **ALTERNATIVE ROUTE TO SYNTHESIZE A BIOPHENOLIC RESIN FROM TANNIN AND KRAFT BLACK LIQUOR AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT MATERIAL**

Wardleison Martins Moreira  
Paula Valéria Viotti  
Marcelo Fernandes Vieira  
Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante  
Marcelino Luiz Gimenes

**DOI 10.22533/at.ed.0652009124**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EMPREGO DE ÁLCOOIS COMO AGENTE ESTABILIZANTE EM MISTURAS BIO-ÓLEO PIROLÍTICO/DIESEL**

Wendell Ferreira de La Salles  
Kátia Simone Teixeira da Silva de La Salles  
Larissa Machado de Assis  
Jullyane Cunha Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.0652009125**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>61</b>
PREPARAÇÃO DE HIDROGÉIS A BASE DE GLICEROL PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES DE ÁGUAS RESIDUAIS	
Bárbara Brígida Pinho de Lima	
Wesley Renato Viali	
Eloiza da Silva Nunes Viali	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009126</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>67</b>
ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CHOCOLATE ENRIQUECIDO COM FARINHA DE CAROÇO DE JACA	
Matheus Henrique Nascimento Goes	
Janclei Pereira Coutinho	
Fábio Alan Carqueija Amorim	
Julia Carneiro Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009127</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>87</b>
FORMULAÇÃO DE MATRIZES ANTI-INCRUSTANTES UTILIZANDO SURFACTANTES NATURAIS	
Anderson Oliveira de Medeiros	
Maria da Gloria Conceição da Silva	
Leonie Asfora Sarubbo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009128</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>100</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>101</b>



## FORMULAÇÃO DE MATRIZES ANTI-INCRUSTANTES UTILIZANDO SURFACTANTES NATURAIS

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 05/11/2020

### **Anderson Oliveira de Medeiros**

Universidade Católica de Pernambuco- Centro de Ciências e Tecnologia.  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1629788550827259>

### **Maria da Gloria Conceição da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Rede Nordeste de Biotecnologia  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/9843431393356502>

### **Leonie Asfora Sarubbo**

Universidade Católica de Pernambuco- Centro de Ciências e Tecnologia.  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/4691045388698504>

**RESUMO:** Organismos incrustantes marinhos causam prejuízos econômicos e para remoção desses organismos, são utilizados biocidas tóxicos e letais em seres vivos não-alvo. Para evitar o processo de bioincrustação, a aplicação de substâncias naturais surge como uma alternativa ambientalmente correta. Os surfactantes são compostos químicos que possuem propriedades anfipáticas que os permitem interagir com distintas moléculas de diferentes afinidades. Os de origem natural são produzidos por plantas ou micro-organismos, possuem baixa toxicidade, alta biodegradabilidade, resistência em condições extremas de temperaturas, pH e salinidade

além de sua atividade antimicrobiana, inibindo a adesão microbiana e formação de biofilmes, estruturas necessárias para a condução do processo de incrustação. O presente trabalho teve por objetivo formular e avaliar matrizes anti-incrustantes contendo surfactantes naturais atóxicos para aplicação como revestimento em qualquer instalação submersa em meio marinho com presença de organismos incrustantes. Para esse fim, surfactantes naturais foram obtidos por processo fermentativo, pela modificação química do óleo de soja (*Glycine max* (L)) ou adquiridos comercialmente. Foram preparadas matrizes à base de resina natural contendo os seguintes surfactantes: surfactante oligômero do glicerol, laurato de glicerila, ácido oleico hidroxilado, glicolípido, lecitina, ácido oleico hidroxilado de sódio e oleato hidroxilado de glicerila. Essas matrizes foram aplicadas em placas metálicas e imersas no Porto do Recife-PE durante 25 dias. Os resultados analisados da área incrustada através do *software ImageJ* demonstraram que em comparação com a placa revestida apenas com a matriz (82,70%) e a placa 10, sem revestimento (98,19%), a matriz + laurato (62,44%) e a matriz + ácido hidroxilado (72,34%) exibiram as atividades anti-incrustante mais promissoras. Desse modo, foi possível obter matrizes com atividade anti-incrustante contendo surfactantes naturais obtidos de fontes renováveis (óleo de soja residual), evitando assim, a utilização convencional de organismos marinhos, que necessitam de criação em cativeiro, sendo um processo lento e pouco produtivo.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Revestimento, incrustantes, bioincrustação.

## FORMULATION OF ANTI-FOULING MATRICES USING NATURAL SURFACTANTS

**ABSTRACT:** Biofouling, present in marine environments, causing economic losses. To remove these organisms, toxic and lethal biocides are used in non-target living beings. To avoid the biofouling process, the application of natural substances appears as an environmentally friendly alternative. Surfactants are chemical compounds that have amphipathic properties that allow them to interact with different molecules of different affinities. Those of natural origin are produced by plants or microorganisms, have low toxicity, high biodegradability, resistance in extreme conditions of temperature, pH, and salinity in addition to their antimicrobial activity, inhibiting microbial adhesion and formation of biofilms, structures necessary for driving the fouling process. The present work aimed to formulate and evaluate antifouling matrices containing non-toxic natural surfactants for application as a coating in any installation submerged in the marine environment with the presence of fouling organisms. For this purpose, natural surfactants were obtained by the fermentation process, by chemical modification of soybean oil (*Glycine max* (L)), or purchased commercially. Matrices based on natural resin were prepared to contain the following surfactants: glycerol oligomer surfactant, glycerol laurate, hydroxylated oleic acid, glycolipid, lecithin, sodium hydroxylated oleic acid, and glyceryl hydroxylated oleate. These matrices were applied to metal panels and immersed in the Port of Recife-PE for 25 days. The results analyzed from the covered area using the ImageJ software showed that compared to the panel coated only with the matrix (82.70%) and panel 10, without coating (98.19%), the matrix + laurate (62.44 %) and the matrix + hydroxylated acid (72.34%) exhibited the most promising antifouling activities. In this way, it was possible to obtain matrices with anti-fouling activity containing natural surfactants obtained from renewable sources (residual soy oil), thus avoiding the conventional use of marine organisms, which need to be reared in captivity, being a slow and not very productive process.

**KEYWORDS:** Coating, fouling, biofouling.

### 1 | INTRODUÇÃO

Bioincrustação em superfícies de materiais é um dos principais problemas no ambiente marinho, afetando de modo particular o setor náutico, devido ao aumento do consumo de combustível. Essa comunidade biológica marinha incrustante do inglês, *biofouling*, dependendo do tamanho dos organismos envolvidos, são subdivididos em *microfouling* e *macrofouling* (GITTENS et al., 2013; GULE et al., 2016).

O desenvolvimento do *biofouling* ocorre tipicamente em quatro fases: formação de uma camada de moléculas orgânicas; colonização primária por micro-organismos, como bactérias e diatomáceas; colonização unicelular por esporos de algas; e fixação de macroincrustantes multicelulares (MAGIN et al., 2010).

Pela proximidade de usinas termelétricas com a região costeira os organismos planctônicos e larvas de organismos incrustantes são atraídos para o circuito de refrigeração das usinas (POORNIMA et al., 2006). As bioincrustações nos sistemas de resfriamento

vão aos poucos dificultando a troca de calor nas serpentinas e radiadores, causando o aumento da temperatura de operação. Para minimizar esses efeitos, as usinas precisam realizar manutenção e limpeza mecânica periódicas das tubulações e essa ação exige constantes e longos desligamentos dos equipamentos (DEGER, 2010). Para reduzir os prejuízos causados pelas incrustações, as termelétricas frequentemente aplicam biocidas na água de resfriamento que circula nos equipamentos para controle do crescimento desses organismos incrustantes. Tradicionalmente, o uso do hipoclorito de sódio (NaOCl) é o tratamento biocida mais comumente utilizado em sistemas de resfriamento, dado sua alta eficiência (LI et al., 2011). No entanto, a utilização contínua de hipoclorito, além de representar custos consideráveis para as usinas, tem efeitos prejudiciais ao meio ambiente, sendo limitado sua concentração de cloro residual total em 0,01 mg/L em águas salinas e salobras, pela legislação brasileira vigente, Resolução do CONAMA 357/2005, complementada pela Resolução do CONAMA 430/2011.

A utilização de revestimentos anti-incrustantes, à base de produtos químicos sintéticos, têm sido uma das estratégias principais para combater o *biofouling*, nas incrustações marinhas. Biocidas como o TBT (tributilestanho) são eficazes na redução da incrustação, mas os desse tipo estão proibidos por sua elevada toxicidade em organismos não alvos (YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN, 2004; GITTENS et al., 2013). Mesmo com a ocorrência de outras formulações a legislação mundial impôs limitações crescentes sobre o uso de biocidas para combater a incrustação biológica e, como alternativa, tecnologias livres de biocidas vêm sendo desenvolvidas para enfrentar este desafio (GITTENS et al., 2013; GULE et al., 2016).

Uma das tendências atuais é a alteração de superfícies para torná-las mais hidrofóbicas por meio da introdução de substâncias tensoativas, como também pela adição de substâncias naturais com ação antimicrobiana nas superfícies tratadas, eliminando, assim, a adesão microbiana, pois uma vez que os biofilmes colonizam uma superfície, eles alteram as propriedades da superfície e facilitam o processo de adesão de outros incrustantes (GITTENS et al., 2013; DAMODARAN; MURTHY, 2016).

Surfactantes são tensoativos naturais que possuem a propriedade de reduzir a tensão superficial e interfacial. Os derivados do petróleo podem ser obtidos por síntese química, e os naturais (biossurfactantes) provenientes de plantas, de micro-organismos, entre outras fontes. Dentre as várias vantagens dos biossurfactantes sobre os surfactantes sintéticos estão a baixa toxicidade, biodegradabilidade, atividade e resistência em condições extremas de temperaturas, pH e salinidade. Além de suas atividades antibacterianas, antivirais e antifúngicas, esses compostos também provaram serem bons inibidores da adesão microbiana e formação de biofilmes (DUSANE et al., 2013; BANAT; DE RIENZO; QUINN, 2014; SANTOS et al., 2016; ARAUJO et al., 2016;).

Desse modo, compreendendo que a formação de biofouling faz com que o setor termelétrico interrompa suas atividades, gerando uma grande perda econômica no setor,

e com os métodos de controle não atendendo o conceito de indústria ecológica, faz-se necessário o desenvolvimento de revestimentos anti-incrustantes que não contenham substâncias nocivas à fauna e flora presentes nas proximidades das instalações, e que sejam eficientes em relação àqueles organismos causadores das incrustações nos sítios internos das tubulações do sistema de resfriamento da indústria.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi formular um revestimento anti-incrustante atóxico e avaliar seu comportamento antifouling frente a organismos incrustantes comumente encontrados em tubulações de termoelétricas costeiras.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparação da matriz com propriedade anti-incrustante

A composição da formulação da matriz foi adaptada de Acevedo et al., (2013) e expressa em porcentagem por massa. Os componentes foram misturados em um agitador mecânico (Tecnal LTDA, Brasil) a 2000 rpm por 50 min.

### 2.2 Obtenção dos ativos

As substâncias avaliadas no presente trabalho foram selecionadas com base em estudos que demonstraram o potencial antimicrobiano/anti-incrustante de alguns tipos de surfactantes naturais (FUSETANI, 2011; RUFINO et al., 2011). Foram produzidos: o ácido oleico hidroxilado, ácido oleico hidroxilado de sódio, oleato de glicerila, laurato de glicerila e oleato hidroxilado de glicerila, por meio da modificação química do óleo de soja (*Glycine max* (L.)) através de reações de neutralização, esterificação do glicerol e reações de hidroxilação por epoxidação, utilizando catalisador adequado. O glicolípido foi obtido a partir da fermentação da bactéria *Pseudomonas cepacia*, de acordo com a metodologia de Soares da Silva et al., (2017) e o surfactante/emulsificante lecitina adquirido da empresa Nutryervas do Brasil LTDA.

### 2.3 Ensaio antimicrobiano

Os ativos a serem incorporados nas formulações anti-incrustantes foram avaliados através do teste de inibição do crescimento bacteriano, baseado no método de Bauer et al., (1966). Foi utilizada a cepa da bactéria *Pseudomonas aeruginosa* (UCP0992), obtida junto à Coleção de Culturas da Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. Esse gênero de bactérias é pioneiro na formação de biofilmes e conhecido por auxiliar no reconhecimento, fixação e metamorfose de larvas de organismos incrustantes. Foi utilizado meio ágar Marinho (Bacto Marine Ágar 2216, Difco) para o crescimento microbiano. Discos de antibiograma ( $\varnothing = 6$  mm) contendo cada ativo a ser testado foram transferidos para as placas de Petri e dispostos em posições equidistantes. As placas de Petri foram incubadas em estufa a 30 °C e verificada após 24h a ocorrência ou não da formação de halos em torno de cada disco, indicando ocorrência ou não de inibição.

## 2.4 Incorporação dos ativos

Os compostos ativos testados foram incorporados posteriormente à matriz na concentração inicial de 5% (p/p).

Misturas	Composição
Controle	Matriz sem ativo
Mistura 1	Matriz + surfactante oligômero do glicerol *
Mistura 2	Matriz + laurato de glicerila
Mistura 3	Matriz + hidroxilado de glicerila
Mistura 4	Matriz + glicolípido
Mistura 5	Resina natural
Mistura 6	Matriz + lecitina*
Mistura 7	Matriz + ácido oleico hidroxilado de sódio
Mistura 8	Matriz + oleato hidroxilado de glicerila

Tabela 1 – Misturas formuladas com surfactantes naturais para obtenção de anti-incrustantes

\* ativos de reconhecida atividade antimicrobiana/*antifouling*

## 2.5 Ensaios de imersão

Para os ensaios de imersão in situ, placas de aço (1mm x 100mm x 200mm) foram previamente tratadas, limpas com detergente e álcool 96 % para remoção de sujidades da superfície. Em seguida, foi aplicada uma demão de cada matriz formulada sobre toda área superficial das placas utilizando um pincel universal de uma polegada. As placas foram numeradas e furadas (abertura de 3 mm de diâmetro) para auxiliar na fixação ao suporte de trilho. Posteriormente, as placas de aço contendo as matrizes foram imersas em água do mar em uma área com alta ocorrência de organismos incrustantes no Porto do Recife S.A., Recife/PE. As placas foram verificadas quanto à ação anti-incrustante após 7 dias e depois em 25 dias de imersão, respectivamente. As imagens fotográficas obtidas durante as amostragens das placas nos períodos especificados passaram por análise da superfície com a ajuda do *software* editor de imagem *ImageJ*. As misturas das formulações que apresentaram a melhor resposta no ensaio de imersão foram utilizadas na continuidade dos testes. Houve também variação da concentração dos ativos a fim de obter um melhor perfil do efeito anti-incrustante.

## 2.6 Avaliação das propriedades dos anti-incrustantes formulados - Ensaio de teor de sólidos por massa, análise do aspecto visual e secagem ao toque livre de pegajosidade

Uma vez que a formulação não vem a ser de fato uma tinta, adaptações dos protocolos das normas foram realizados. O teor de sólidos das formulações foi verificado

de acordo com a metodologia adaptada da norma Petrobras N 1367 (2008) e expresso em porcentagem por massa. O teste foi realizado em triplicata. Em relação aos outros testes, a análise do aspecto visual foi baseada na norma Petrobras N 2630 (2011) e o ensaio de secagem ao toque livre de pegajosidade, adaptado da norma ASTM D 1640 (2014).

## 2.7 Ensaio de toxicidade

As misturas das formulações mais promissoras foram avaliadas quanto à toxicidade utilizando-se larvas do microcrustáceo *Artemia salina* como indicador de toxicidade, adaptado de MEYER et al., (1982). As larvas foram expostas aos anti-incrustantes nas concentrações testadas durante 24 horas e depois observadas quanto à mortalidade. O teste foi realizado em triplicata.

## 2.8 Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN)

O surfactante natural mais promissor selecionado nos testes acima foi redissolvido em clorofórmio deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) e os respectivos espectros de  $^1\text{H}$  RMN e de  $^{13}\text{C}$  RMN foram registrados a  $25^\circ\text{C}$  utilizando um espectrômetro da Agilent 300Mz operando a 300,13 MHz. Os desvios químicos ( $\delta$ ) foram dados na escala ppm em relação ao tetrametilsilano (TMS).

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Ensaio antimicrobiano

A Figura 1 mostra os resultados para os testes de inibição do crescimento microbiano. Verificou-se que todos os surfactantes naturais testados promoveram algum tipo de inibição do crescimento microbiano, destacando-se o laurato de glicerila e o sal de sódio do ácido oleico hidroxilado, os quais apresentaram os maiores halos de inibição (Tabela 2).

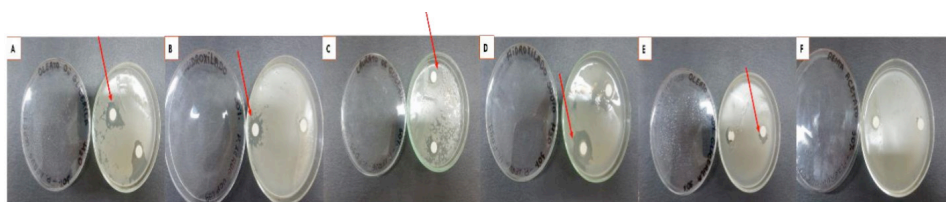


Figura 1 – Resultados visuais da inibição microbiana pelos surfactantes naturais. (A) Oleato de glicerila. (B) Ácido oleico hidroxilado. (C) laurato de glicerila. (D) sal de sódio do ácido oleico hidroxilado. (E) Oleato de glicerila hidroxilado. (F) Penta-Acetato de Glicose (Controle Negativo).

O penta-acetato de glicose (utilizado como controle negativo) não inibiu o crescimento bacteriano.



Surfactantes naturais derivados do óleo de soja	Diâmetro do halo de inibição (cm)
Oleato de glicerila	2,86
Ácido oleico hidroxilado	2,88
Laurato de glicerila	3,38
Sal de sódio do ácido oleico hidroxilado	4,84
Oleato de glicerila hidroxilado	2,11
Penta-Acetato de glicose (Controle negativo)	0,20

Tabela 2 – Resultados da inibição microbiana e halos produzidos surfactantes naturais obtidos pela modificação química do óleo de soja

A bactéria Gram-negativa *P. aeruginosa* apresenta a capacidade de formar biofilmes resistentes (JAGANI; CHELIKANI; KIM, 2009). Biofilmes são as primeiras formas de vida desenvolvidas na sucessão ecológica que precede o processo de incrustação causador da macroincrustação (DOGHRI et al., 2011). Além disso, micro-organismos que crescem em um biofilme são muito mais resistentes aos agentes inibidores do que as células planctônicas, requerendo 1000 vezes mais inibidores para matar células de biofilmes do que células planctônicas (JAGANI; CHELIKANI; KIM, 2009). Deste modo, os resultados obtidos indicaram um grande potencial dos surfactantes naturais como inibidores do crescimento de biofilmes e conseqüente formação do *biofouling*.

### 3.2 Ensaio de imersão

Na Figura 2 (Figuras 2A – 2B), estão apresentados os resultados obtidos nos testes em campo, após 7 dias (A) e 25 dias (B) das placas imersas no Porto do Recife. O retardo da incrustação foi evidenciado pela diferença na cobertura das placas, conforme mostrado na Figura 2.

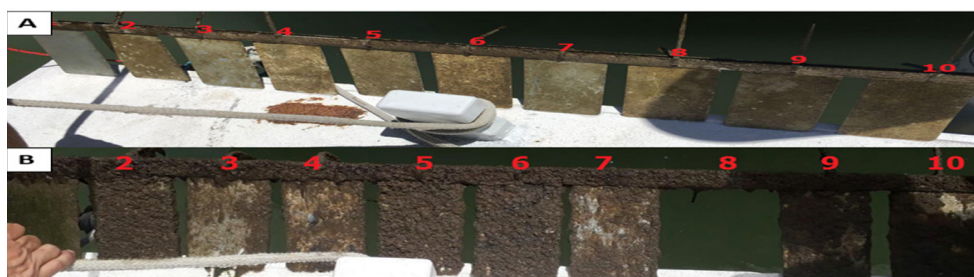


Figura 2 – Placas após 7 dias (A) e 25 dias (B) imersas no Porto do Recife. 1: Matriz sem ativos; 2: Matriz + surfactante oligômero do glicerol; 3: Matriz + laurato de glicerila; 4: Matriz + ácido oleico hidroxilado; 5: Matriz + glicolípido; 6: Resina natural(breu); 7: Matriz + lecitina; 8: Matriz + ácido oleico hidroxilado de sódio; 9: Matriz + oleato hidroxilado de glicerila; 10: Sem revestimento/tratamento.

Nessa etapa, obteve-se também a análise do aspecto visual e ensaio de secagem ao toque livre de pegajosidade. Observou-se que as superfícies das placas 1, 3 e 4 apresentaram-se lisas após suas secagens sem exibir problemas de TAC (aderência ao toque). Já as placas 2, 7 e 8 ficaram pouco lisas, com grande aderência ao toque e relativamente maleáveis. Por outro lado, as placas 5 e 9 ficaram bem rugosas, mas não apresentaram TAC. A placa 6 exibiu uma pequena aderência ao toque (TAC). Para a imersão no ambiente, também foi incluída mais uma placa não revestida e sem nenhum tratamento (placa 10), para servir de parâmetro base para comparação com as placas contendo as matrizes. De modo geral, observou-se que as placas 1,3 e 4 (matriz; matriz + laurato de glicerila; matriz + ácido oleico hidroxilado, respectivamente), as quais exibiram alta lisura e ausência de TAC, apresentaram os melhores resultados de inibição do biofouling. A placa 7 (matriz + lecitina), embora exibindo TAC acentuado, também promoveu relativa inibição da bioincrustação. As demais placas, devido ao acentuado TAC e/ou rugosidade da superfície, não apresentaram resultados antifouling satisfatórios. Na Figura 3 é apresentada a análise dos percentuais de área coberta das placas mais representativas dos diferentes resultados obtidos em campo, calculados pelo software *ImageJ* após 25 dias. A aferição pelo aplicativo indicou que, em comparação com a placa da matriz (82,700%) e a placa 10 (98,187%), completamente cobertas, as placas 3 (62,444%) e 4 (72,336%) apresentaram retardo da incrustação.

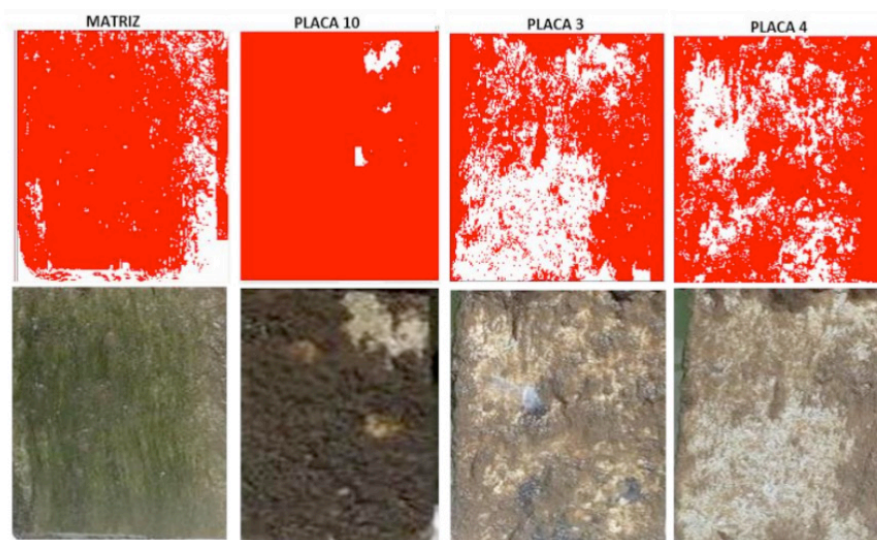


Figura 3 – Análise de área da superfície coberta pelo *software ImageJ* das placas após 25 dias submergidas no Porto do Recife, Recife – PE. Imagens superiores: análise estatística de área coberta das placas correspondentes placas. Imagens inferiores: fotos reais.

Para evitar o *biofouling*, duas abordagens podem ser empregadas: (I) evitar o desenvolvimento das fases iniciais da bioincrustação empregando bioativos em forma não letal para o meio ambiente, e (II) formular e aplicar revestimentos anti-incrustantes inibidores da fixação larval, tornando a superfície não adequada para o desenvolvimento do *biofouling* (BRESSY et al., 2014; JERABEK et al., 2016). Neste trabalho, as duas estratégias foram simultaneamente aplicadas, e como resultado, a Matriz + laurato de glicerila (placa 3) e a Matriz + ácido oleico hidroxilado (placa 4) apresentaram os melhores potenciais de inibição do desenvolvimento do biofouling. Acevedo et al., (2013) também avaliaram uma matriz natural, adicionada, todavia, de extratos de animais marinhos (esponja e pepino-do-mar) durante 90 dias de imersão, obtendo atividade *antifouling*. Uma das grandes vantagens dos resultados apresentados no presente relatório é a possibilidade de obtenção de ativos naturais obtidos de fontes alternativas com atividade antimicrobiana e *antifouling*, sem ter que extrair diretamente de organismos marinhos, evitando, assim, a degradação da fauna e flora marinhas.

### 3.3 Ensaio de teor de sólidos por massa

Na Figura 4, são apresentados os resultados do teor de sólidos por massa das misturas formuladas mais promissoras. Observou-se que independente da concentração de ativos utilizada, não houve interferência na massa das matrizes após remoção do solvente por evaporação em estufa.

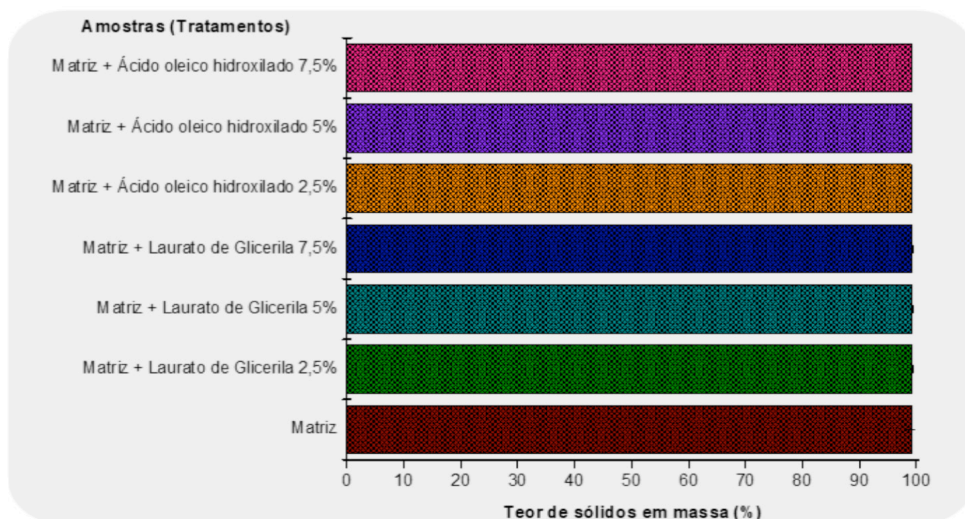


Figura 4 - Resultado das médias do teor de sólidos em massa de cada mistura em suas respectivas concentrações.

### 3.4 Ensaio de toxicidade

Na Figura 5, têm-se os resultados, em porcentagem, da mortalidade das larvas de *Artemia salina*. Os dados demonstraram que a matriz, o Ácido oleico hidroxilado + matriz, e o laurato de glicerila a 2,5% + matriz não causaram toxicidade a esse microcrustáceo. Nestes casos, o controle letal (CL) ficou abaixo do valor de 50% de mortalidade, considerado como padrão. Entretanto, as misturas contendo laurato de glicerila em concentrações de 5% e 7,5% apresentaram valores de mortalidade acima de 85%. Na Tabela 3, a análise estatística dos resultados indicou que há diferença entre a toxicidade, contudo para alguns grupos não houve diferença desse efeito. A escolha deste organismo se deu pelo fato deste pertencer ao grupo dos crustáceos, o mesmo grupo pertencente das cracas (incrustantes mais recorrentes do ambiente marinho). Os resultados obtidos (Figura 5; Tabela 3) demonstraram que a Matriz contendo laurato de glicerila em concentração  $\geq 5\%$  apresentou alta toxicidade para as larvas de *Artemia salina*, despertando interesse para avaliação no processo inibição das larvas de cracas.

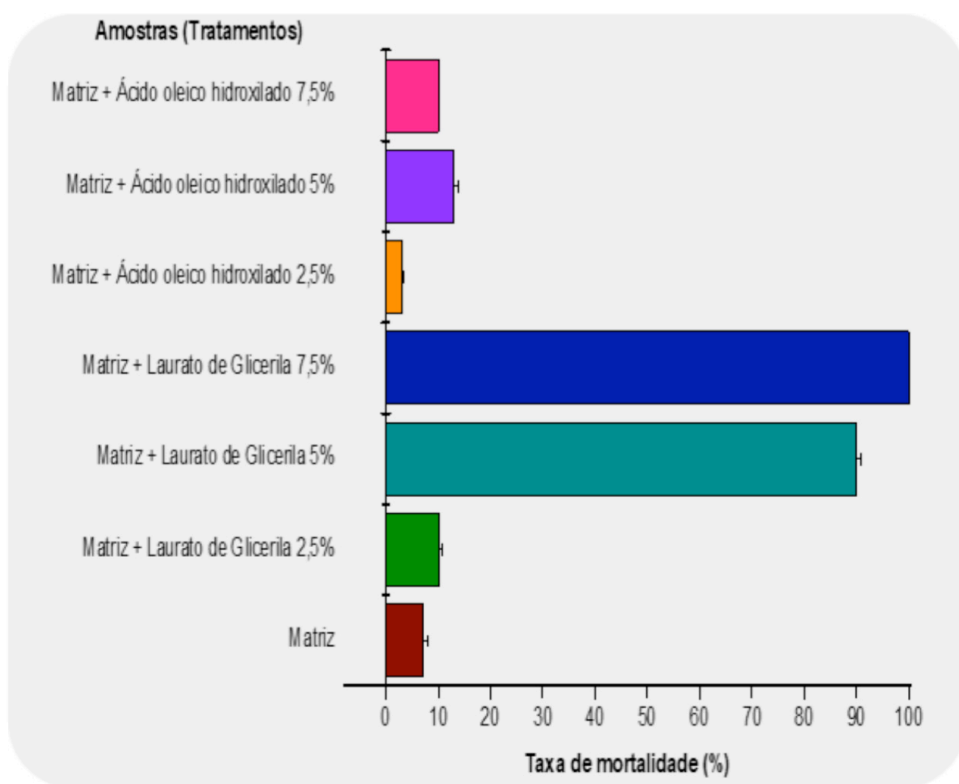


Figura 5 – Média percentual da mortalidade de *Artemia salina* de acordo com cada mistura em suas respectivas concentrações.

Mistura	Aditivos (%)	Teor de toxicidade (%)
Matriz	0	7 <sup>b</sup>
Matriz + Laurato de Glicerila	2,5	10 <sup>b</sup>
Matriz + Laurato de Glicerila	5,0	90 <sup>a</sup>
Matriz + Laurato de Glicerila	7,5	100 <sup>a</sup>
Matriz + Ácido oleico hidroxilado	2,5	3 <sup>b</sup>
Matriz + Ácido oleico hidroxilado	5,0	13 <sup>b</sup>
Matriz + Ácido oleico hidroxilado	7,5	10 <sup>b</sup>

Tabela 3 – Resultados da análise estatística do teste de toxicidade sobre a *Artemia salina*.

Nota: Os valores do teor de toxicidade seguidos pela mesma letra, não apresentam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

### 3.5 Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN)

A Figura 6 ilustra os espectros de <sup>1</sup>H RMN de e <sup>13</sup>C RMN do laurato de glicerila, que foi o surfactante ativo que apresentou o maior grau de inibição da bioincrustação. Os sinais entre δ 0,5 e 2,5 ppm sugerem a presença de hidrogênio ligado ao grupo alifático e aquele entre δ 3,5 e 4,5 ppm indica a presença de hidrogênio ligado aos grupos hidroxila (Figura 9A). Já os picos mostrados entre 60 e 80 ppm (Figura 9B) são de carbono ligado aos grupos hidroxila. A Figura 9C ilustra a estrutura química sugerida para o laurato de glicerila (dodecanoato de 2,3-dihidroxi-propanoíla), baseado nos resultados do RMN.



Figura 6 – Espectros do <sup>1</sup>H RMN (A) e <sup>13</sup>C RMN (B) do laurato de glicerila. (C) estrutura química sugerida para o laurato de glicerila (dodecanoato de 2,3-dihidroxi-propanoíla).

As atividades antimicrobianas e, portanto, anti-incrustantes apresentadas pelos surfactantes naturais avaliados no presente estudo, são devidas, principalmente, às interações superficiais com a membrana plasmática das células dos micro-organismos formadores de biofilmes e das larvas dos organismos incrustantes. Para que tais interações ocorram, é necessário que a molécula exiba características anfipáticas e tensoativas, como as obtidas no presente estudo, com destaque para o laurato de glicerila (SCHLIEVERT et al., 1992; FUSETANI, 2011).

## 4 | CONCLUSÃO

As composições: Matriz, Matriz + laurato e Matriz + ácido hidroxilado apresentaram atividade anti-incrustante promissora sobre diferentes grupos de bioincrustantes durante o período testado. Não foi possível afirmar com clareza quais grupos de incrustantes foram os mais inibidos, no entanto, a matriz já foi capaz de inibir a presença de incrustantes do grupo dos *macrofouling*, apresentando, a olho nu, incrustação apenas por macroalgas. Os ativos mais solúveis em água, de um modo geral, foram menos eficientes no teste *in situ*. O teor de sólidos por massa não apresentou diferença estatística significativa entre as misturas das formulações, mesmo em diferentes concentrações dos ativos. Ajustes nas proporções dos componentes das formulações, bem como a interação da matriz com os ativos promoveram um maior aumento do potencial anti-incrustante. Conclui-se ainda que é possível obter surfactantes naturais com atividade antifouling a partir de fontes renováveis (óleo de soja residual), os quais podem ser produzidos industrialmente em grande escala, evitando assim, a utilização convencional de organismos marinhos, que necessitam de criação em cativeiro, sendo um processo lento e pouco produtivo.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, M. S. et al. **Antifouling paints based on marine natural products from Colombian Caribbean**. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 83, p. 97–104, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1640/D1640M-14. Standard test methods for drying, curing, or film formation of organic coatings**. West Conshohocken, 2014.
- BRESSY, CHRISTINE; LEJARS, M. **Marine Fouling : An Overview Marine Fouling An Overview**. *The Journal of Ocean Technology*, v. 9, n. February, 2014.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 201. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2011.
- DAMODARAN, V. B.; MURTHY, N. S. **Bio-inspired strategies for designing antifouling biomaterials**. *Biomaterials Research*, v. 20, n. 1, p. 18, dez. 2016.
- DEGER, C. A. **Avaliação do desempenho de ortopolifosfato em sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas em substituição ao hidróxido de sódio**. Estudo de caso da UHE gov. Parigot de Souza. Curitiba, 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia). Instituto de Engenharia do Paraná, 2010.
- FUSETANI, N. **Antifouling marine natural products**. *Nat. Prod. Rep.*, v. 28, n. 2, p. 400–410, 2011.



- GITTENS, J. E. et al. **Current and emerging environmentally-friendly systems for fouling control in the marine environment.** *Biotechnology Advances*, v. 31, n. 8, p. 1738–1753, 2013.
- GULE, N. P.; BEGUM, N. M.; KLUMPERMAN, B. **Advances in biofouling mitigation: A review.** *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 46, n. 6, p. 535–555, mar. 2016.
- JERABEK, A. S.; WALL, K. R.; STALLINGS, C. D. **A practical application of reduced-copper antifouling paint in marine biological research.** *PeerJ*, v. 4, p. e2213, 2016.
- LI, H. et al. **Escalating Water Demand for Energy Production and the Potential for Use of Treated Municipal Wastewater.** *Environmental science & technology*, p. 4195-4200, 2011.
- MAGIN, C. M.; COOPER, S. P.; BRENNAN, A. B. **Non-toxic antifouling strategies.** *Materials Today*, v. 13, n. 4, p. 36–44, 2010.
- PETROBRÁS. **Normas Técnicas Petrobras. N 2630:** Tinta Epóxi-Fosfato de Zinco de Alta Espessura. Rio de Janeiro, 2011.
- PETROBRÁS. **Normas Técnicas Petrobras. N-1367:** Determinação de teor de sólidos por massa. Rio de Janeiro, 2008.
- POORNIMA, E. H. et al. **Use of coastal waters as condenser coolant in electric power plants: Impact on phytoplankton and primary productivity.** *Journal of Thermal Biology*, v. 31, n. 7, p. 556–564, 2006.
- RASBAND, W. S. ImageJ. **BETHESDA, M.D: US National Institutes of Health**, p. 1997–2007, 1997. Disponível em: < <http://rsb.info.nih.gov/ij> > Acesso em: 01 de fevereiro de 2018
- RUFINO, R. D. et al. **Antimicrobial and anti-adhesive potential of a biosurfactant Rufisan produced by Candida lipolytica UCP 0988.** *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 84, n. 1, p. 1–5, 2011.
- SCHLIEVERT, P. M.; DERINGER, J. R.; KIM, M. H.; PROJAN, S. J.; NOVICK, R. P. **Effect of glycerol monolaurate on bacterial growth and toxin production.** *Antimicrob Agents Chemother*, v. 36, p. 626–631, 1992.
- SOARES DA SILVA, R. DE C. F. et al. **Production and characterization of a new biosurfactant from Pseudomonas cepacia grown in low-cost fermentative medium and its application in the oil industry.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 12, n. September, p. 206–215, 2017.
- YEBRA, D. M.; KIIL, S.; DAM-JOHANSEN, K. **Antifouling technology - Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings.** *Progress in Organic Coatings*, v. 50, n. 2, p. 75–104, 2004.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**ÉRICA DE MELO AZEVEDO** - Possui Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2019), Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2012) e complementação pedagógica para exercício da docência na Faculdade Souza Marques (2015). É docente efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias (IFRJ CDuC) e ministra aulas de Química Geral e Inorgânica para turmas da Graduação e Ensino Médio/Técnico e aulas de análise térmica aplicada à alimentos para turmas da Pós-Graduação. Atualmente é vice-coordenadora de Extensão do IFRJ CDuC. Coordena e colabora com projetos de pesquisa desenvolvidos no IFRJ e colabora em projetos de pesquisa financiados pelo CNPq e desenvolvidos na Escola de Química da UFRJ na área de Tecnologia Química, análise térmica e tratamento térmico de resíduos. Orientou e participou de bancas de trabalhos de conclusão de curso nos temas citados. Têm atuado como membro de comissões julgadoras de editais de fomento à pesquisa e bolsas de iniciação científica do CNPq no âmbito do IFRJ. Publicou artigos em revistas nacionais e internacionais na área de Análise Térmica e na área de Ensino a Distância. Desde 2016 é revisora do renomado periódico Journal of Thermal Analysis (JTAC). Atuou como organizadora de e-books e autora de capítulos de livros publicados na área de Química e Engenharia Química pela Atena Editora.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aditivo Alimentar 68, 84

Adsorção 43, 61, 62, 63, 64, 65

### B

Bioetanol 2, 3, 10, 11, 85

Bioincrustação 87, 88, 94, 95, 97

Bio-óleo 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

### C

Chocolate 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86

### D

Dynetica 10, 13, 14, 15, 18

### E

Extração de Lipídeos 20, 22, 37

### H

Hidrogéis 61, 62, 65, 66

Hidrólise Enzimática 1, 2, 5, 6

### J

Jaca 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

### L

Licor Negro Kraft 43

### M

Microalgas 20, 21, 22, 23, 27, 28, 30, 31, 37

Microemulsões 53, 54, 58, 59

### P

Pirólise 53, 54

Produtos de Valor Agregado 1, 2, 3, 6

Proteólise 1

### R

Remoção de Contaminantes 61

Resina Biofenólica 43

## **S**

Software Livre 10, 13

Soro de Queijo 2, 3

Surfactantes Naturais 87, 90, 91, 92, 93, 97, 98

## **T**

Tanino 43

Técnicas Físicas e Químicas 20

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

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



# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

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

Atena  
Editora

Ano 2020