

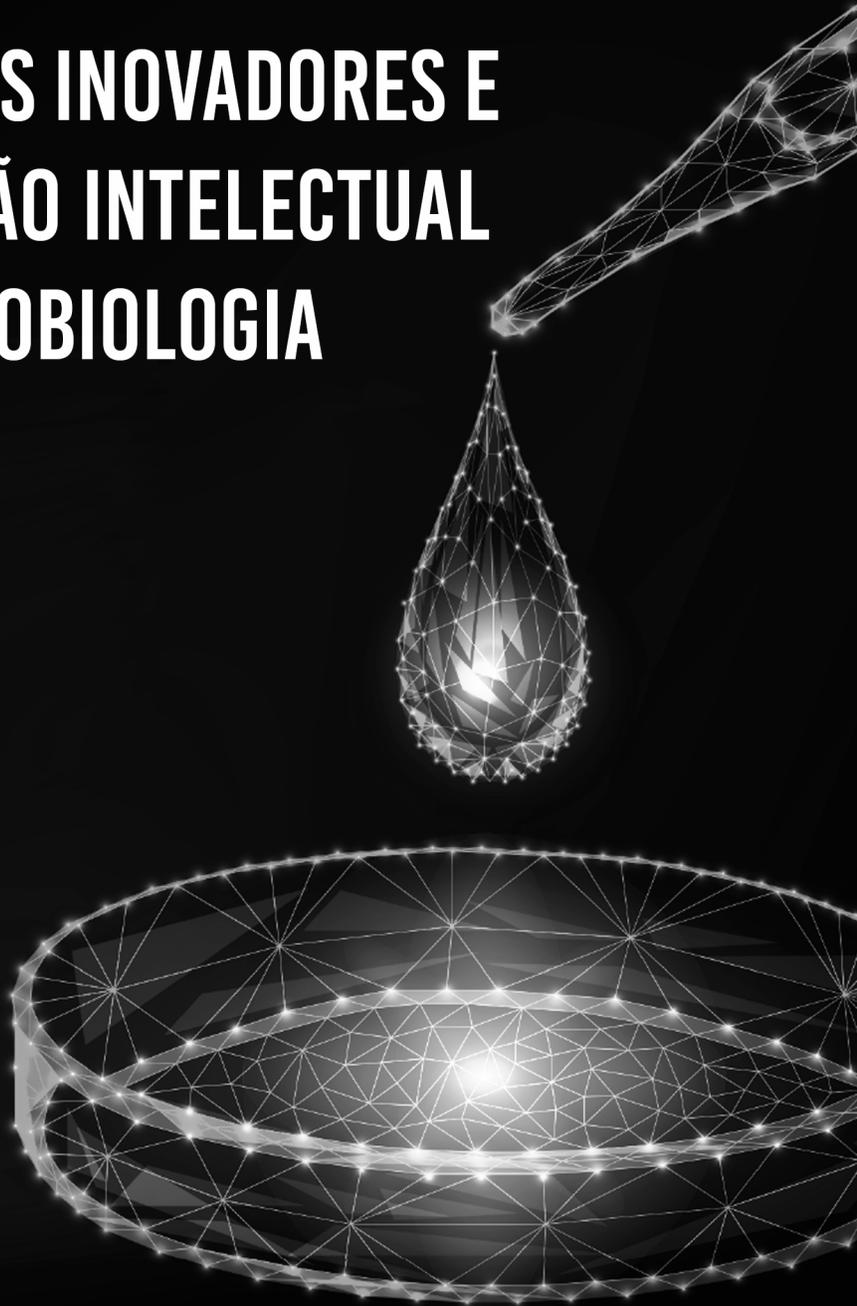
BENEDITO RODRIGUES DA SILVA NETO  
(ORGANIZADOR)

# PROJETOS INOVADORES E PRODUÇÃO INTELECTUAL NA MICROBIOLOGIA



BENEDITO RODRIGUES DA SILVA NETO  
(ORGANIZADOR)

# PROJETOS INOVADORES E PRODUÇÃO INTELECTUAL NA MICROBIOLOGIA



**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

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

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. 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

## Projetos inovadores e produção intelectual na microbiologia

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Benedito Rodrigues da Silva Neto

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

P964 Projetos inovadores e produção intelectual na microbiologia  
/ Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-574-7

DOI 10.22533/at.ed.747201711

1. Microbiologia. 2. Projetos. 3. Produção. I. Silva Neto,  
Benedito Rodrigues da (Organizador). II. Título.

CDD 579

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

## 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 microbiologia tem sido um assunto recorrente nos últimos anos, desde os corredores universitários aos locais informais, as conversas vão desde as bactérias multirresistentes, passando por novas espécies de fungos descobertos até chegar no atual momento de pandemia viral que marcará na história o ano de 2020. Esse campo de estudo amplo inclui o estudo dos seres vivos microscópicos nos seus mais variados aspectos como morfologia, estrutura, fisiologia, reprodução, genética, taxonomia, interação com outros organismos e com o ambiente além de aplicações biotecnológicas.

Como ciência, a microbiologia iniciou a cerca de duzentos anos atrás, e tem passado por constantes avanços graças a descobertas e inovações tecnológicas. Sabemos que os microrganismos são encontrados em praticamente todos os lugares, e a falta de conhecimento que havia antes da invenção do microscópio hoje não é mais um problema no estudo, principalmente das enfermidades relacionadas aos agentes como bactérias, vírus, fungos e protozoários.

A grande importância dessa temática se reflete no material de qualidade já publicado na Atena Editora e mais uma vez recebe os nossos holofotes com o tema “Projetos Inovadores e Produção Intelectual na Microbiologia” contendo trabalhos e pesquisas desenvolvidas em diversos institutos do território nacional contendo análises de processos biológicos embasados em células microbianas ou estudos científicos na fundamentação de atividades microbianas com capacidade de interferir nos processos de saúde/doença.

Temas ligados à inovação e tecnologia microbiana são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela saúde em seus aspectos microbiológicos. Deste modo, propomos aqui uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos em diferentes campos da microbiologia, abrindo perspectivas futuras para os demais pesquisadores de outras subáreas da microbiologia.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Benedito Rodrigues da Silva Neto

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS CANAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO VICENTE**

José Augusto de Souza  
Roberta Alves Merguizo Chinellato  
Mirella Massonetto Basilio  
Vanessa da Costa Andrade  
Ana Julia Fernandes Cardoso de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.7472017111**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **AVALIAÇÃO DE CULTURA E TESTE DE SENSIBILIDADE DA TUBERCULOSE PULMONAR NO BRASIL NO ANO DE 2016**

Vinicius Mateus Salvatori Cheute  
Fabiana de Oliveira Solla Sobral  
Renan Fava Marson  
Wesley Pimenta Cândido

**DOI 10.22533/at.ed.7472017112**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

#### **AVALIAÇÃO DE CULTURAS DE ESCARRO PARA O DIAGNÓSTICO DE TUBERCULOSE EM 2017**

Iaci Gama Fortes  
Lysia Alves Oliva  
Bianca Melo Amorim  
Karline Drieli Wottrich

**DOI 10.22533/at.ed.7472017113**

### **CAPÍTULO 4..... 23**

#### **AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO POTENCIAL ANTIMICROBIANO DE EXTRATOS FOLIARES DE *GALLESIA INTEGRIFOLIA* (SPRENG) HARMS (PHYTOLACCACEAE)**

Julyanna Oliveira Castro  
Marcelo Schramm Mielke  
Aline Oliveira da Conceição

**DOI 10.22533/at.ed.7472017114**

### **CAPÍTULO 5..... 38**

#### **CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DOS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE SOBRAL-CEARA, ENTRE O PERÍODO DE 2014 A 2017**

Manoel Vieira do Nascimento Junior  
José Jackson do Nascimento Costa  
Maria Amélia Araújo Soares Costa

**DOI 10.22533/at.ed.7472017115**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>43</b>
<b>CONTAMINATION ASSESSMENT OF BIVALVE MOLLUSK INTENDED FOR HUMAN CONSUMPTION PRODUCED IN COASTAL WATERS OF NORTHERN BRAZIL</b>	
Daniela Cristiane da Cruz Rocha	
Aline Holanda Sousa	
Debora de Castro Costa	
Karina Lúcia Silva da Silva	
Anderson Nonato do Rosario Marinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7472017116</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>54</b>
<b>FATORES RELACIONADOS AS INFECÇÕES HOSPITALARES POR BACTÉRIAS: UMA REVISÃO NARRATIVA</b>	
Érica Cristina Soares e Silva	
Antônio Rosa de Sousa Neto	
Daniella Farias Almeida	
Mayara Macêdo Melo	
Marly Marques Rêgo Neta	
Rosângela Nunes Almeida	
Inara Viviane de Oliveira Sena	
Daniela Reis Joaquim Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7472017117</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>65</b>
<b>BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS VISANDO ESTUDOS DE AMILASES E PECTINASES COM APLICAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS</b>	
Daniel Borba Zanelatto	
Mariana Cereia	
Tássio Brito de Oliveira	
Maria de Lourdes Teixeira de Moraes Polizeli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7472017118</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>78</b>
<b>PROJETOS INOVADORES E PRODUÇÃO INTELECTUAL NA MICROBIOLOGIA INNOVATIVE PROJECTS AND INTELLECTUAL PRODUCTION IN MICROBIOLOGY</b>	
Patrícia Regina Kitaka	
Marta Cristina Teixeira Duarte	
Valéria Maia de Oliveira	
Maria da Graça S. Andrietta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7472017119</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>95</b>
<b>INVESTIGAÇÃO DE FUNGOS PRODUTORES DE ENZIMAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO</b>	
Layne Even Borges de Souza	
Leidiana Pinto da Costa	
Rafael Cardoso Bastos	
Thayana Cruz de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.74720171110</b>	

**CAPÍTULO 11..... 109**

**OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE QUITINASE PELO FUNGO ENDOFÍTICO *CURVULARIA* SP. URM 6861**

Aline Gleyce Julião Bomfim  
Edson Flávio Teixeira da Silva  
Wellington Leal dos Santos  
Maria Emília Brito da Silva  
Cristina Maria de Souza-Motta  
Keila Aparecida Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.74720171111**

**CAPÍTULO 12..... 118**

**PARTIÇÃO DE PROTEASES FIBRINOLÍTICAS PRODUZIDAS POR *ASPERGILLUS TAMARII* KITA UCP 1279 ATRAVÉS DO SISTEMA DE DUAS FASES AQUOSAS PEG-FOSFATO**

Viviane do Nascimento e Silva Alencar  
Maria Clara do Nascimento  
Julyanne Victória dos Santos Ferreira  
Márcia Nieves Carneiro da Cunha  
Juanize Matias da Silva Batista  
Thiago Pajeú Nascimento  
Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa  
Ana Lucia Figueiredo Porto  
Ana Cristina Lima Leite

**DOI 10.22533/at.ed.74720171112**

**CAPÍTULO 13..... 130**

**PRODUÇÃO DE PROTEASES POR *ASPERGILLUS TAMARII* KITA UCP 1279 ISOLADO DA CAATINGA UTILIZANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

Julyanne Victória dos Santos Ferreira  
Kethylen Bárbara Barbosa Cardoso  
Amanda Lucena dos Santos  
Viviane do Nascimento e Silva Alencar  
Maria Clara do Nascimento  
Marcia Nieves Carneiro da Cunha  
Juanize Matias da Silva Batista  
Romero Pedrosa Brandão Costa  
Thiago Pajeú Nascimento  
Ana Cristina Lima Leite  
Ana Lúcia Figueiredo Porto

**DOI 10.22533/at.ed.74720171113**

**CAPÍTULO 14..... 140**

**PRODUCTION OF YEAST BIOMASS AND CELL WALL TO OBTAIN  $\beta$  GLUCANS FOR A BIOTECHNOLOGICAL PURPOSE**

Carina Maricel Pereyra

**DOI 10.22533/at.ed.74720171114**

<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>157</b>
REMOÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO EMPREGANDO BIOFILME MICROBIANO DESENVOLVIDO NATURALMENTE EM AREIA DE FILTROS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA – UM ESTUDO COMPARATIVO COM DIFERENTES SUPORTES	
Lúcia Allebrandt da Silva Ries	
Karla Joseane Perez	
Fernanda Cortez Lopes	
Paula Silva Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.74720171115</b>	
<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>176</b>
TUBERCULOSE: ASPECTOS DA INFECÇÃO CAUSADA POR <i>MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS</i> NA POPULAÇÃO DE SOBRAL, NO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2012-2016	
Sabrina Fuziger Inácio Brandão	
Anderson Braga Rodrigues	
Karla Karoline Frota da Silva	
Isana Mara Aragão Frota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.74720171116</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>182</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>183</b>

# CAPÍTULO 15

## REMOÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO EMPREGANDO BIOFILME MICROBIANO DESENVOLVIDO NATURALMENTE EM AREIA DE FILTROS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA – UM ESTUDO COMPARATIVO COM DIFERENTES SUPORTES

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 18/09/2020

### Lúcia Allebrandt da Silva Ries

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul –  
Unidade Porto Alegre  
Porto Alegre - RS – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0862172420046110>  
ORCID: 0000-0002-1586-0041

### Karla Joseane Perez

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul –  
Unidade Porto Alegre  
Porto Alegre - RS – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6569533336260980>  
ORCID: 0000-0003-2601-8068

### Fernanda Cortez Lopes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –  
Centro de Biotecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Celular e Molecular  
Porto Alegre - RS – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5857004786273929>  
ORCID: 0000-0003-1718-3467

### Paula Silva Pereira

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul –  
Unidade Porto Alegre  
Porto Alegre - RS – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3209092114489253>  
ORCID: 0000-0002-1716-7152

**RESUMO:** O presente trabalho apresentou três objetivos. O primeiro objetivo foi avaliar a remoção do ácido acetilsalicílico (AAS) por biodegradação,

empregando biofilme desenvolvido naturalmente na areia dos filtros de uma estação de tratamento de água (ETA). O segundo, foi avaliar a influência da natureza do suporte no processo de remoção do fármaco, empregando diferentes suportes (carvão ativado granular, esponja de poliuretano e areia dos filtros). O terceiro objetivo foi identificar a comunidade microbiana cultivável presente na areia dos filtros. A remoção do AAS a partir de soluções diluídas foi avaliada através de medidas espectroscópicas na região do ultravioleta. Para a identificação dos microorganismos foram realizadas diluições seriadas de uma suspensão do consórcio microbiano extraído da areia dos filtros. Foram encontradas  $2,1 \times 10^9$  UFC/g e as características morfo-tintoriais identificaram 1 isolado de fungo filamentosos e 24 isolados de bactérias: 41,66 % Gram-negativas e 58,33 % Gram-positivas. Análises para identificação molecular dos isolados foram realizadas através do sequenciamento parcial do gene de rRNA 16S, que identificou 15 isolados, estes pertencendo aos gêneros *Bordetella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Kerstersia*, *Proteus* e *Alcaligenes*. A composição dos biofilmes foi avaliada, também, por microscopia eletrônica de varredura, que revelou um arranjo complexo composto por diversos morfotipos microbianos. Os ensaios de remoção mostraram que o AAS é predominantemente removido por adsorção em carvão ativado granular, e por biodegradação quando areia é empregada como suporte, ambos apresentando uma remoção superior a 90%. Dessa forma, conclui-se que a natureza do suporte é um importante parâmetro no processo de remoção do AAS, e que biofilmes microbianos

podem constituir uma excelente alternativa para tratamento de águas, contribuindo na redução dos custos nas ETAs e no prolongamento da vida útil dos filtros.

**PALAVRAS - CHAVE:** biodegradação, adsorção, *biofilme*, ácido acetilsalicílico, *diversidade microbiana*.

## REMOVAL OF ACETYLSALICYLIC ACID USING NATURALLY DEVELOPED MICROBIAL BIOFILM IN THE SAND OF FILTERS OF WATER TREATMENT PLANTS - A COMPARATIVE STUDY WITH DIFFERENT SUPPORTS

**ABSTRACT:** The present work presented three objectives. The first objective was to evaluate the removal of acetylsalicylic acid (ASA) by biodegradation, using biofilm naturally developed in the sand of the filters of a water treatment plant (WTP). The second was to evaluate the influence of the nature of the support on the pharmaceutical compound removal process, using different supports (granular activated carbon, polyurethane foam and water filter sand). The third objective was to identify the cultivable microbial community present in the water filter sand. Removal of the ASA from diluted solutions was evaluated using spectroscopic measurements in the ultraviolet region. To identify the microorganisms, serial dilutions of a suspension of the microbial consortium extracted from the water filter sand were performed. It was found  $2.1 \times 10^9$  CFU/g and the morpho-staining characteristics identified 1 filamentous fungus isolate and 24 bacterial isolates: 41.66% Gram-negative and 58.33% Gram-positive. Analyzes for molecular identification of the isolates were performed through partial sequencing of the 16S rRNA gene, that identified 15 isolates, these belonging to the genera *Bordetella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Kerstersia*, *Proteus* and *Alcaligenes*. The composition of biofilms was also evaluated by scanning electron microscopy, which revealed a complex arrangement composed of several microbial morphotypes. The removal assays showed that the ASA is predominantly removed by adsorption on granular activated carbon, and by biodegradation when water filter sand is used as a support, both with a removal higher than 90%. Thus, it is concluded that the nature of the support is an important parameter in the process of removing ASA, and that microbial biofilms can be an excellent alternative for water treatment, contributing to reducing costs in WTPs and extending the useful life of filters.

**KEYWORDS:** biodegradation, adsorption, biofilm, acetylsalicylic acid, microbial diversity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, uma crescente atenção vem sendo dada à presença de fármacos no meio aquático, tendo em vista o reconhecimento de inúmeros efeitos danosos que podem causar aos ecossistemas ambientais e à saúde humana e animal, tais como toxicidade aquática, genotoxicidade, desenvolvimento de resistência em bactérias patogênicas, distúrbios endócrinos, imunodeficiências, carcinogênese e mutagênese (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006).

Usados como medicamentos por humanos e animais, estes compostos não são completamente metabolizados, sendo excretados pela urina ou fezes e, juntamente com seus produtos de degradação, entram nas águas residuais continuamente como substâncias

biologicamente ativas. Além disso, os processos de manufatura dos mesmos, bem como o descarte inadequado de medicamentos não utilizados ou vencidos são outras duas formas de liberação dos mesmos para o meio ambiente (HEBERER; REDDERSEN; MECHLINSKI, 2002; MOMPELAT; LE BOT; THOMAS, 2009).

As tecnologias empregadas em estações de tratamento de esgoto e de tratamento de água são ineficientes na remoção total destes compostos, fazendo com que sejam liberados na água de abastecimento, tornando-os em um potencial risco à saúde humana (H. JONES; VOULVOULIS; LESTER, 2005). A presença de compostos farmacêuticos no meio ambiente é ainda mais preocupante, considerando que os mesmos não aparecem individualmente, mas como uma mistura complexa, podendo levar a efeitos sinérgicos indesejados. Além disso, uma vez liberados no meio ambiente, estão sujeitos a diferentes processos de biodegradação e degradação fotoquímica, podendo produzir compostos de maior toxicidade e longa persistência no meio (LA FARRE et al., 2008).

Por serem bioacumulativos, apresentarem elevada persistência no meio ambiente, relativa solubilidade em águas e baixa biodegradabilidade, sua presença em águas residuárias e superficiais, sedimentos, solos, lençóis freáticos e até mesmo na água potável, constitui um desafio global às companhias de saneamento de água e esgoto. Atualmente, avaliações criteriosas vêm sendo conduzidas em todos os países no sentido de estabelecer níveis seguros de concentração máxima na água potável, assim como metodologias analíticas eficientes para sua detecção, e diretrizes e normas regulamentadoras para seu monitoramento (PETRIE; BARDEN; KASPRZYK-HORDERN, 2015).

As quantidades de compostos farmacêuticos encontradas em águas superficiais e potável costumam ser muito baixas, sendo frequentemente detectados em concentrações de  $\mu\text{g/L}$  -  $\text{ng/L}$  (HUERTA-FONTELA; GALCERAN; VENTURA, 2011). No entanto, em função de suas propriedades recalcitrantes e da contínua liberação para o meio ambiente, acabam se tornando um risco potencial para organismos aquáticos e terrestres, inclusive seres humanos. De posse deste conhecimento, a comunidade científica mundial vem nos últimos anos direcionando seus estudos para o desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias de remoção destes poluentes, denominados poluentes emergentes ou contaminantes emergentes (BORGES et al., 2016; ISMAIL et al., 2017; KUMAR; CHOPRA, 2018; LIU et al., 2020; PANIGRAHY et al., 2020; SOUZA et al., 2018; TIWARI et al., 2017; VONA et al., 2015; ZHI et al., 2019).

Um poluente bastante comum encontrado em águas residuais é o ácido acetilsalicílico (AAS) ou ácido 2-acetoxibenzóico, amplamente consumido pela população como anti-inflamatório não esteroide, analgésico, antipirético e anticoagulante, normalmente utilizado sem prescrição médica (ZIYLAN; INCE, 2011).

Entre as várias tecnologias empregadas para remoção desse poluente emergente (tais como processos oxidativos avançados, fotocatalise, fotobiorremediação, sistema microalgal-bacteriano, ultramicofiltração, biorreatores e adsorção), a biofiltração surge

como uma opção eficiente, ambientalmente segura e economicamente viável. Biofiltros são formados pelo desenvolvimento de um biofilme microbiano na superfície de um suporte, em decorrência da disponibilidade de matéria orgânica biodegradável no meio (SIMPSON, 2008). A principal característica desse sistema está relacionada com a biodegradação de moléculas de compostos orgânicos dissolvidos, como consequência da atividade da comunidade microbiana. Dependendo da natureza do suporte, os poluentes orgânicos também podem ser removidos por adsorção, principalmente na fase inicial do processo de tratamento e, desse modo, além da biodegradação, a adsorção também contribui para a remoção de compostos poluentes (JIMÉNEZ; ARRIAGA; AIZPURI, 2016).

Um biofilme estruturado apresenta uma população mista de organismos como bactérias, fungos e protozoários. As bactérias saprofíticas normalmente possuem vantagem sobre as patogênicas, em ambientes com baixa concentração de nutrientes, como o encontrado em água para consumo humano. No tratamento biológico de água para consumo humano, o objetivo é manter uma população microbiana benigna, capaz de degradar a matéria orgânica e os compostos poluentes (WESTPHALEN; CORÇÃO; BENETTI, 2016).

Algumas vantagens que a biofiltração apresenta são: i) construção e operação mais simples; ii) oferece um aumento na vida útil dos filtros; iii) de custo relativamente baixo; iv) opera à temperatura ambiente; v) eficaz em baixas concentrações e altas taxas de fluxo; vi) alta eficiência de remoção, e vii) não emprega produtos químicos e não produz resíduos potencialmente perigosos ao meio ambiente (MOHAMED et al., 2016).

Muitas pesquisas vêm sendo realizadas com o propósito de melhorar o desempenho do processo de biodegradação, avaliando a influência de uma ampla variedade de condições, tais como o tempo de retenção nos filtros; a combinação de diferentes tecnologias; pH e composição do meio; possibilidade de interação entre os fármacos; a natureza do suporte e a composição dos micro-organismos envolvidos, seja isoladamente ou em comunidade mista (CHENG et al., 2017; LAI et al., 2020; LIU et al., 2020; PADHI; GOKHALE, 2017).

Considerando esses aspectos, o presente estudo apresentou três objetivos:

- I. avaliar a remoção do AAS por biodegradação, em sistema descontínuo, empregando biofilme microbiano desenvolvido naturalmente na areia dos filtros da ETA;
- II. avaliar a influência da natureza do suporte no processo de remoção do AAS, empregando diferentes suportes com e sem biofilme microbiano;
- III. identificar a comunidade microbiana presente na areia dos filtros da ETA, responsável pela biodegradação do AAS, utilizando sequenciamento parcial do gene de rRNA 16S.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Isolamento Dos Micro-Organismos

Os micro-organismos empregados neste estudo foram provenientes de um consórcio microbiano desenvolvido na superfície da areia bruta de filtros da estação de tratamento de água (ETA) - COMUSA Serviços de Água de Esgoto de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, selecionados por constituírem um biofilme crescido naturalmente sobre os grãos de areia.

O isolamento dos micro-organismos foi realizado através da inoculação de 10% (m/v) da areia oriunda dos filtros da ETA em água destilada esterilizada, submetida a um banho de ultrassom, por 10 min, para a liberação do consórcio microbiano da superfície dos grãos de areia.

### 2.2 Preparação do Inóculo do Consórcio Microbiano

Inicialmente, realizou-se a preparação do pré-inóculo, onde 1% da suspensão contendo o consórcio microbiano foi inoculado em 150 mL de meio TSB (*Tripton Soya Broth*). Esta solução foi incubada por 4 dias a 35 °C, em estufa microbiológica. Após esse período, uma alíquota de 1% (v/v) do pré-inóculo foi transferida para frasco erlenmeyer contendo caldo TSB, e incubou-se por mais 7 dias em agitador orbital (125 rpm) a 35 °C, constituindo assim o inóculo.

### 2.3 Caracterização Morfo-Tintorial das Colônias Isoladas do Biofilme Desenvolvido Naturalmente na Areia dos Filtros da Eta

Transferiu-se 1 mL do inóculo homogeneizado para um tubo contendo 9 mL de solução NaCl 0,9% e, assim sucessivamente, realizando-se diluições decimais da suspensão. Após, um volume de 1 mL de cada amostra, nas diluições realizadas, foi plaqueado através da técnica de *Pour Plate* em ágar BHI (*Brain Heart Infusion*), e realizou-se a incubação das placas em estufa (36 ± 1 °C) por até 48 h. Após, realizou-se a contagem das Unidades Formadoras de Colônias (UFC/mL), e o isolamento das colônias através das características morfológicas. Para cada colônia isolada, foram observadas as características morfológicas (coloração, tamanho e tipo de borda das colônias) e coloração diferencial de Gram. Os experimentos foram realizados em duplicata.

### 2.4 Caracterização da Composição do Consórcio Microbiano: Extração do dna Genômico das Bactérias e Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)

Os micro-organismos isolados (conforme descrito em 2.1) foram estocados em ágar BHI inclinado a 4 °C. Cada micro-organismo foi inoculado em 5 mL de caldo LB, *overnight* a 37 °C e 150 rpm. O cultivo foi centrifugado por 10 min a 6.000 x g, e logo após retirou-se o sobrenadante. Suspendeu-se o *pellet* em 0,5 mL de tampão SET (NaCl 5 M, EDTA 0,5 M, Tris-HCl 1 M pH 7,5), centrifugado por 5 min a 9.500 x g, e retirou-se o sobrenadante. Nessa etapa, acrescentou-se ao *pellet* 4 µL de lisozima e 1 mL do tampão SET, incubando por 45

min à temperatura ambiente. Adicionou-se 1/10 do volume de SDS 10% e 1/3 de volume de NaCl 5M e 1/1 de clorofórmio, incubando por 10 min. Após incubação, foi centrifugado por 10 min a 1920  $\times g$ . Transferiu-se a fase aquosa para outro tubo. Para a precipitação do DNA, utilizou-se 1:1 de isopropanol previamente gelado, centrifugando por 10 min a 16060  $\times g$ . Retirou-se o sobrenadante e adicionou-se 1 mL de etanol 70% e foi centrifugado por 5 min a 16060  $\times g$ . Adicionou-se em 30  $\mu\text{L}$  de tampão TE (Tris-HCl 10 mM, pH 7,4 e EDTA 1 mM, pH 8,0) com 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de RNase, que foi incubada por 1 hora a 37 °C. Após as amostras foram quantificadas em NanoDrop®, e em seguida, foram aplicadas em gel de agarose 0,9 % para visualização do DNA genômico.

Os ensaios de PCR foram realizados com os *primers* universais 27f (5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') e 1525r (5'-AGAAAGGAGGTGATCCAGCC-3'). As amostras foram sequenciadas pela empresa ACTGene. O algoritmo BLAST foi utilizado para busca por seqüências homólogas e, para alinhamento destas seqüências, utilizou-se o software BioEdit. As seqüências editadas foram depositadas no GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) e os números de acesso podem ser encontrados na Tabela 1.

## 2.5 Desenvolvimento do Biofilme Microbiano nos Diferentes Suportes

Os seguintes suportes foram utilizados:

- Esponja de poliuretano (cortada em cubos de 1 cm de aresta), designada por PU;
- Carvão ativado granular (com tamanho de grão igual a 3,13 mm, área superficial igual a 658  $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$  e volume de poro igual a 0,0286  $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ ), designado por CAG+;
- Carvão ativado granular (com tamanho de grão igual a 1,11 mm, área superficial igual a 860  $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$  e volume de poro igual a 0,212  $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ ), designado por CAG-;
- Areia bruta (oriunda da ETA com o biofilme naturalmente desenvolvido na superfície dos grãos), designada por AB;
- Areia lavada (com o biofilme removido conforme descrito em 2.1), designada por AL.

Após esterilização (121 °C/15 min), 1,0 g de cada suporte foi transferido para erlenmeyers contendo 150 mL do meio de cultivo TSB. Na seqüência, procedeu-se à inoculação com 1% do inóculo previamente preparado (conforme descrito em 2.2). Os sistemas foram dispostos em incubadora shaker a 35 °C, por 10 dias, sob 80 rpm de agitação orbital. Após, realizou-se filtração a vácuo, e lavagem dos sistemas biofilmes/suportes com solução salina (NaCl 0,9%) para remoção do meio de cultivo. O procedimento foi realizado em triplicata.

## 2.6 Avaliação da Remoção do AAS

Os experimentos foram realizados em sistema descontínuo (sistema *batch*) com o objetivo de avaliar a capacidade de remoção do AAS através de dois processos distintos: biodegradação e adsorção.

Para análise da concentração do AAS (inicial e residual) empregou-se a técnica da espectrofotometria na região do ultravioleta. Utilizou-se um espectrofotômetro UV/Vis Perkin-Elmer, modelo LAMBDA 265 e uma cubeta de quartzo. As medidas foram realizadas no comprimento de onda de 229 nm, previamente determinado como o comprimento de onda de maior absorbância do fármaco.

O AAS utilizado foi adquirido da Sigma-Aldrich, com 99,0% de pureza. Os ensaios foram realizados empregando água destilada esterilizada (121 °C/15 min), que posteriormente recebeu a adição do AAS na concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup>, valor que reproduz a concentração encontrada em águas superficiais (GARZA-CAMPOS et al., 2016).

Os ensaios de biodegradação seguiram o seguinte protocolo: os sistemas biofilme/suporte foram transferidos para erlenmeyers contendo 250 mL de solução de AAS 50 mg.L<sup>-1</sup>, sendo posteriormente dispostos em incubadora shaker a 30 °C, sob agitação orbital de 120 rpm. Alíquotas foram retiradas periodicamente para mensuração da concentração residual do fármaco, até uma condição de equilíbrio ser atingida em cada sistema. Para eliminação da interferência de compostos orgânicos remanescentes do meio de cultivo nas leituras de absorbância, as alíquotas foram retiradas mediante filtros de membranas (porosidade de 0,22 µm) acoplados às seringas de coleta.

Os ensaios de adsorção seguiram protocolo similar aos ensaios de biodegradação, transferindo-se 1,0 g de cada suporte (sem biofilme) para erlenmeyers contendo 250 mL de solução de AAS 50mg.L<sup>-1</sup>.

Todos os ensaios foram realizados em duplicata e os resultados expressos representam as médias obtidas.

## 2.7 Caracterização Morfológica dos Micro-Organismos Desenvolvidos nos Diferentes Substratos

O biofilme desenvolvido naturalmente na superfície da areia dos filtros e os biofilmes crescidos laboratorialmente na superfície dos diferentes suportes foram caracterizados morfolologicamente através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para tal, as amostras foram preparadas conforme o protocolo de amostras biológicas para MEV do Centro de Microscopia e Microanálise (CMM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As microscopias foram realizadas empregando o microscópio Jeol JSM 6060.

## 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização Morfo-Tintorial das Colônias Isoladas do Biofilme Desenvolvido Naturalmente na Areia dos Filtros Da ETA

Após o plaqueamento e incubação, realizou-se a contagem das UFCs, sendo encontradas  $2,1 \times 10^9$  UFC/g. Através das características morfológicas e tintoriais das colônias, foram identificados 1 isolado de fungo filamentososo e 24 isolados de bactérias, sendo 41,66 % Gram-negativas e 58,33 % Gram-positivas.

### 3.2 Identificação Molecular dos Isolados Bacterianos Encontrados no Biofilme Desenvolvido Naturalmente na Areia dos Filtros da ETA

As análises para identificação molecular dos isolados, através de sequenciamento parcial do gene rRNA 16S, apresentaram identidade com os micro-organismos representados na Tabela 1.

Isolado	Identificação	Identidade	Código de Acesso
1a	<i>Bacillus zhangzhouensis</i>	98.89%	MT994287
1b	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	88.25%	MT994326
2a	<i>Kerstersia gyiorum</i>	99.59%	MT980912
2b	<i>Proteus mirabilis</i>	99.59%	MT980914
2d	<i>Alcaligenes faecalis</i>	99.86%	MT994550
3	<i>Kerstersia gyiorum</i>	99.73%	MT994666
4a	<i>Proteus mirabilis.</i>	99.73%	MT994676
4b	<i>Bordetella sp.</i>	99.44%	MT994649
5a	<i>Bacillus safensis</i>	99.17%	MT994684
6	<i>Bacillus safensis</i>	97.61%	MT994685
7	<i>Bacillus pumilus</i>	99.44%	MT994710
8b	<i>Proteus mirabilis</i>	99.87%	MT994664
9c	<i>Bacillus stratosphericus</i>	85.09%	MT994697
11	<i>Bacillus pumilus</i>	99.30%	MT994698
12	<i>Bacillus pumilus</i>	98.75%	MT994791

Tabela 1 - Identificação molecular dos isolados bacterianos encontrados no biofilme desenvolvido naturalmente na areia dos filtros da ETA.

Fonte: Autores (2020).

Os micro-organismos isolados foram dos gêneros *Bacillus*, *Bordetella*, *Proteus*, *Kerstesia*, *Alcaligenes* e *Pseudomonas*. Alguns dos isolados representam a mesma linhagem, e por isso foram omitidos na tabela.

Conforme mostra a Tabela 1, foi possível identificar diversos isolados do gênero *Bacillus*, sendo estes pertencentes às espécies *B. zhangzhouensis*, *B. stratosphericus*, *B. pumilus* e *B. safensis*. Esse gênero é composto por micro-organismos considerados ubíquos, podendo ser isolados de diferentes fontes (solo, água doce, água salgada e alimentos). Sabe-se que algumas espécies do gênero *Bacillus* apresentam elevada capacidade de fixação em superfícies, em função de apresentarem estruturas do tipo filamentosas, que favorecem à adesão destes micro-organismos em suportes sólidos (HUSMARK; RONNER, 1990).

Em um estudo sobre o uso de filtros de carvão ativado granular associado a micro-organismos, para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento foram isolados 31 amostras de micro-organismos, sendo essas representadas em sua totalidade por colônias bacterianas integrantes dos filos Firmicutes e Proteobacteria (BORGES et al., 2016). Por meio das sequências do gene 16S rRNA amplificadas a partir do DNA das amostras isoladas, os autores identificaram um total de seis gêneros: *Bacillus*, *Burkholderia*, *Cupriavidus*, *Pseudomonas*, *Shinella* e *Sphingomonas*, com dominância de bactérias do gênero *Bacillus* (BORGES et al., 2016).

Linhagens de *Bacillus pumilus*, identificadas no presente estudo, também foram isoladas de amostras de solo contaminado com petróleo bruto na Índia, sendo verificada sua participação na biodegradação do pireno, um hidrocarboneto aromático policíclico. (KHANNA; GOYAL; KHANNA, 2011). Outra cepa bacteriana nativa, eficiente na biodegradação de hidrocarbonetos é a denominada *Bacillus pumilus* KS2, isolada de solo contaminado com óleo cru coletado de campos de petróleo, e que também apresenta atividade biossurfactante (PATOWARY et al., 2015).

*Bacillus zhangzhouensis*, outra espécie identificada na areia dos filtros da ETA, foi isolado pela primeira vez a partir da água de cultivo de camarão, em Zhangzhou, na China, sendo por isto denominado Zhangzhouensis. As células são Gram-positivas, estritamente aeróbicas, em forma de bastonete, apresentando 0,5–0,6 mm de largura e 1,8–2,0 mm de comprimento, apresentando mobilidade devido à existência de flagelos subpolares. (LIU et al., 2016).

Bactérias do gênero *Bordetella*, também foram identificadas na areia dos filtros da ETA. Estas bactérias são frequentemente encontradas no solo, água, sedimentos e plantas (HAMIDOU SOUMANA; LINZ; HARVILL, 2017). Nisola e colaboradores isolaram *Bordetella* sp. Sulf-8 do lodo ativado aeróbio de uma estação de tratamento de água em Yongin, na Coreia, e aplicaram, de forma eficaz, na remoção de sulfeto de hidrogênio, um gás tóxico gerado em diversos tipos de indústrias (NISOLA et al., 2010). A similaridade dos locais de isolamento sugere que estações de tratamento de água representam um habitat comum

entre as diferentes linhagens destas bactérias. De acordo com Hamidou e colaboradores, outras linhagens de *Bordetella* isoladas de solo também apresentaram capacidade para degradação de uma grande variedade de compostos orgânicos, demonstrando potencial em processos de biodegradação (HAMIDOU SOUMANA; LINZ; HARVILL, 2017).

Bactérias do gênero *Proteus*, identificadas na areia dos filtros, tem sua presença largamente documentada em solos e águas (DRZEWIECKA, 2016). GE e colaboradores isolaram uma linhagem da água do mar contaminada com efluente industrial, na qual foi avaliada sua habilidade de redução do cromo hexavalente, em condições de crescimento e não crescimento bacteriano. Em condição de crescimento, a capacidade de redução foi de 1000 mg.L<sup>-1</sup>, em 144 h, no meio LB. Diferentemente, em repouso, as bactérias puderam reduzir 200 mg.L<sup>-1</sup> de Cr(VI), em apenas 24 h, na presença de tampão Tris-HCl (GE et al., 2013). Uma linhagem de *Proteus mirabilis* foi isolada de um aterro sanitário na Nigéria, e sua capacidade de descolorir e biodegradar o corante azo azul reativo 13 foi avaliada, sendo demonstrada sua utilidade em tratamentos de efluentes sem dano socioambiental (OLUKANNI et al., 2010).

O gênero *Kerstersia* (homenagem a K. Kersters, um eminente microbiologista belga), identificado na areia dos filtros da ETA, é descrito na literatura como cocos Gram-negativos, pequenos (1–2 µm de comprimento), podendo ocorrer em unidades, em pares ou em cadeias curtas. Cepas desse gênero foram isoladas de várias amostras clínicas humanas, sendo a *Kerstersia gyiorum* a espécie típica (COENYE et al., 2003).

Referente às bactérias do gênero *Pseudomonas*, também identificadas na areia dos filtros, estudos revelam sua atuação na degradação de diferentes compostos orgânicos. Apresentam uma distribuição cosmopolita, podendo ser encontradas em águas e solo, possuindo uma baixa exigência nutricional. Somam-se a estas propriedades a capacidade de formar biofilmes e a alta resistência apresentada (SANTOS; COLOMBO, 2015).

Bactérias do gênero *Alcaligenes*, identificadas na areia dos filtros da ETA, apresentam uma ampla distribuição em solo e águas. Estudo recente com a espécie *Alcaligenes faecalis* (BHARALI et al., 2011) isolada de amostra de solo contaminado com petróleo demonstrou sua habilidade em produzir biosurfactante com ampla aplicação biotecnológica e industrial para degradação de hidrocarbonetos.

Pode-se constatar que a maioria das bactérias identificadas, no presente estudo, é comumente isolada de amostras de solos e águas, muitas vezes contaminadas, também apresentando características de biodegradação de vários compostos orgânicos. Assim, a atividade de biodegradação apresentada pelo consórcio microbiano isolado em relação a outros poluentes emergentes demonstra ser uma área de estudo bastante promissora. Ressalta-se que a identificação do fungo filamentosos isolado será realizada em trabalhos futuros.

### 3.3 Avaliação da Remoção do AAS

A Figura 1 exibe a curva cinética de remoção do AAS por adsorção nos diferentes suportes estudados. É possível observar uma redução na concentração ao longo do tempo para todos os suportes, com destaque para o desempenho apresentado pelas amostras de carvão ativado granular. Ambas apresentaram elevada eficiência de remoção, sendo que o CGA- apresentou um decaimento inicial na concentração do AAS mais pronunciado. A porcentagem média de remoção, após 24 h, para o CAG- foi de 99,21% enquanto que para o CAG+ foi de 72,12%.

A areia lavada e a esponja de poliuretano, por outro lado, apresentaram taxas de remoção bastante lentas, com cerca de 15,38% e 29,97%, respectivamente, ao final de 24 h.

Ao final de 7 dias, as eficiências de remoção foram 98,20; 94,60; 91,63 e 86,87% para CGA-, CGA+, AL e PU, respectivamente. A maior taxa de remoção sendo alcançada pelo CAG-. A maior capacidade de remoção exibida por este suporte pode ser explicada em virtude de sua maior área superficial e maior volume de poro (conforme descrito em 2.5), uma vez que a capacidade adsortiva está diretamente relacionada à área superficial do adsorvente e ao volume de poro. Quanto maior a área superficial, maior a probabilidade de interações do adsorbato com a superfície do adsorvente, enquanto que poros maiores conseguem acomodar um maior número de moléculas. Outro fator a ser levado em consideração é a presença de grupos funcionais orgânicos (ácidos ou básicos) na superfície de adsorventes carbonáceos. Conforme relatado na literatura (ARAMPATZIDOU; VOUTSA; DELIYANNI, 2018), as propriedades adsortivas de um material dependem tanto da estrutura porosa quanto dos grupos químicos presentes em sua superfície. Dessa forma, a elevada eficiência na remoção do AAS apresentada pelas duas amostras de carvão ativado pode ser atribuída, também, à presença de grupos funcionais superficiais, que atuam como sítios adsortivos.

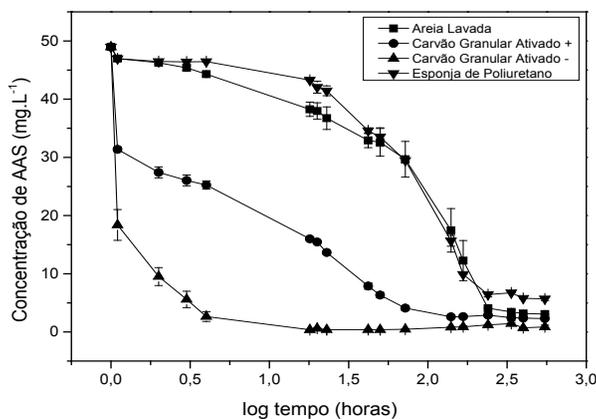


Figura 1 – Remoção do AAS por adsorção empregando diferentes suportes com biofilme microbiano.

Fonte: Autores (2020).

A Figura 2 exibe a curva cinética de remoção do AAS por biodegradação para os diferentes sistemas estudados. É possível observar uma redução na concentração do fármaco ao longo do tempo para os sistemas constituídos pelos suportes AB, AL, PU e CGA+, com destaque para o desempenho apresentado pelos sistemas biofilme natural/AB e biofilme cultivado/AL. O sistema biofilme natural/AB (constituído pelo biofilme naturalmente desenvolvido nos filtros da ETA) apresentou remoção de 57,20%, enquanto que o sistema biofilme cultivado/AL (constituído pelo biofilme desenvolvido laboratorialmente a partir da suspensão microbiana oriunda dos filtros da ETA) apresentou remoção de 46,88%, após 24 h.

Pode-se observar também que os sistemas biofilme cultivado/PU e biofilme cultivado/CGA+ apresentaram taxas de remoção comparativamente mais lentas, com eficiências, após 24 h, na ordem de 31,18% e 25,42%, respectivamente.

O sistema biofilme cultivado/CGA-, por outro lado, não conseguiu biodegradar o fármaco. Tal fato pode estar relacionado à própria estrutura do suporte (que apresenta elevada área superficial e porosidade), que favorece o acúmulo de compostos orgânicos e a formação de biofilme microbiano. O aumento da espessura do biofilme conduz à colmatação, limitando a difusão de nutrientes e de oxigênio à comunidade microbiana, acarretando a morte celular (LAZAROVA; MANEM, 1995). Sabe-se que a atividade de um biofilme se intensifica com sua espessura, até um nível crítico, geralmente situado entre 50 e 500  $\mu\text{m}$ , a partir do qual sua atividade decai. Por outro lado, um biofilme muito fino não é capaz de biodegradar compostos orgânicos (BRANDA et al. 2005).

Ao final de 7 dias, as eficiências de remoção foram 93,79; 90,16; 86,11; 73,33 e

0% para AB, AL, PU, CGA+ e CGA-, respectivamente. A maior taxa de remoção sendo alcançada pelo sistema constituído pelo biofilme natural/AB.

Comparando os dois processos de remoção do AAS, pode-se perceber que a adsorção é o que apresenta maior eficiência em um menor intervalo de tempo quando carvão ativado de elevada área superficial e porosidade é empregado como suporte. Apesar de ser menos eficiente, a biodegradação apresenta a grande vantagem de atuar na decomposição/metabolização da molécula conduzindo à sua mineralização.

Por outro lado, quando um biofilme microbiano é desenvolvido sobre uma superfície sólida, suportes com elevada área superficial e porosidade podem sofrer acolmatação, sendo preferível, neste caso, suportes mais rugosos e de menor área superficial e porosidade. Tanto para a adsorção quanto para a biodegradação, a natureza do suporte exerce grande influência no mecanismo seguido e na eficiência do processo.

O processo de remoção de um composto orgânico passa por uma transição entre a adsorção e a biodegradação, iniciando pela adsorção, seguindo-se pela combinação dos dois processos e finalizando com a predominância da biodegradação (WESPHALEN; CORÇÃO; BENETTI, 2016). A fase inicial do crescimento microbiano (fase *lag*) pode ser atribuída ao tempo requerido para a adaptação da comunidade microbiana ao suporte.

Apesar do grande número de pesquisas na área, são necessários mais estudos referentes à composição e à atividade de biofilmes microbianos desenvolvidos sobre diferentes suportes para um conhecimento mais profundo do processo de biodegradação, e para o desenvolvimento da tecnologia da biofiltração, visando sua aplicação em estações de tratamento de água.

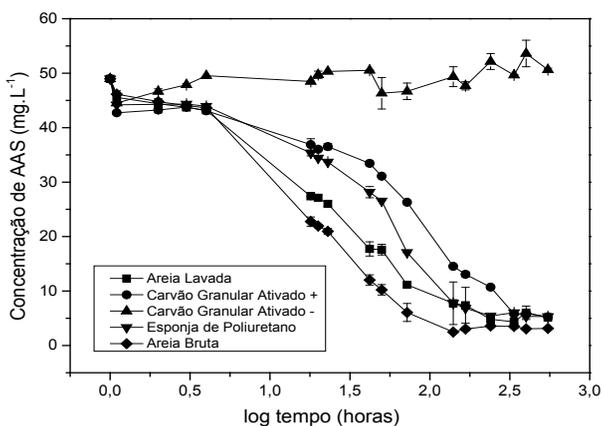
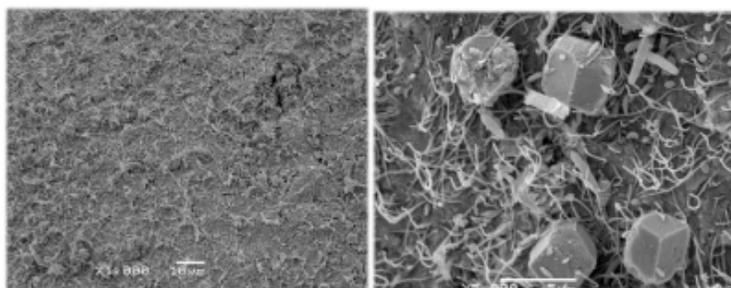


Figura 2 – Remoção do AAS por biodegradação empregando diferentes suportes com biofilme microbiano.

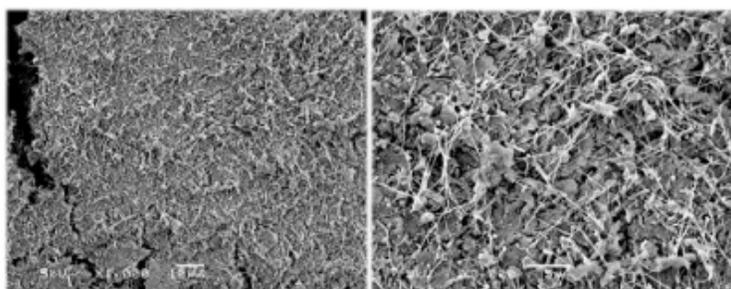
Fonte: Autores (2020).

### 3.4 Caracterização Morfológica dos Micro-Organismos

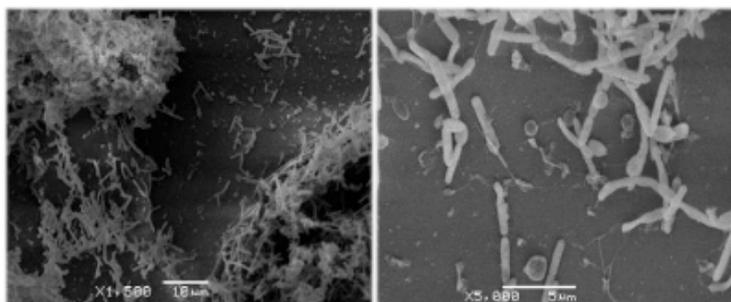
A Figura 3 apresenta as imagens de microscopia eletrônica de varredura obtidas para os diferentes sistemas estudados. As imagens revelam para todos os sistemas estudados a existência de um arranjo complexo composto por diversos morfotipos microbianos, com a fixação dos mesmos se dando preferencialmente nas irregularidades superficiais, poros e rugosidades.



a)



b)



c)

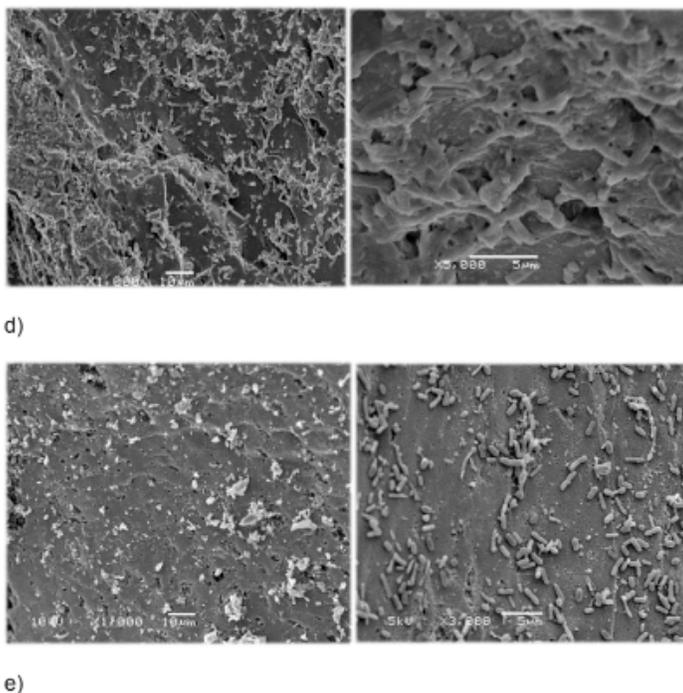


Figura 3 – Imagens de microscopias eletrônicas de varredura obtidas para os diferentes sistemas estudados. Biofilme desenvolvido naturalmente na areia dos filtros (a) e biofilmes desenvolvidos laboratorialmente na: areia lavada (b); esponja de poliuretano (c); carvão ativado granular de maior área superficial e porosidade (d) e carvão ativado granular de menor área superficial e porosidade (e).

Fonte: Autores (2020).

## 4 | CONCLUSÕES

A remoção do ácido acetilsalicílico empregando biofilme microbiano, desenvolvido naturalmente na areia dos filtros de uma estação de tratamento de água, a influência da natureza do suporte e a identificação da diversidade microbiana do biofilme foram avaliados neste estudo.

A partir das características morfo-tintoriais das colônias, identificou-se predominância de bactérias no consórcio microbiano, com 1 isolado de fungo filamentosos e 24 isolados de bactérias: 41,66 % Gram-negativas e 58,33 % Gram-positivas. A análise molecular, realizada através de sequenciamento parcial do gene de rRNA 16S, identificou 15 isolados, estes pertencendo aos gêneros *Bordetella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Kerstersia*, *Proteus* e *Alcaligenes*.

A microscopia eletrônica de varredura revelou, para todos os sistemas, a existência de um arranjo complexo composto por diversos morfotipos microbianos, sendo visualizadas

várias bactérias com formatos bacilares, condizente com o encontrado na identificação molecular das espécies bacterianas.

Os ensaios de remoção mostraram que o AAS é predominantemente removido por adsorção quando carvão ativado granular é empregado como suporte e por biodegradação quando areia é empregada, ambos apresentando uma eficiência de remoção superior a 90%. O carvão ativado com biofilme não apresentou remoção do fármaco. Provavelmente, este comportamento se deve à saturação de seus poros, tanto pelas moléculas do fármaco (retidas por adsorção) quanto pelo próprio biofilme desenvolvido. Tal fato evidencia a importância das características físicas do suporte (como área superficial, rugosidade e porosidade) sobre os processos de adsorção/biodegradação.

Poucos trabalhos sobre a diversidade microbiana em biofilmes associados a filtros de ETAs são relatados na literatura. A identificação da composição da comunidade microbiana pode contribuir para o desenvolvimento da tecnologia de biofiltração, e sua aplicação na remoção de fármacos em estações de tratamento.

Dessa forma, conclui-se que a natureza do suporte é um importante parâmetro no processo de remoção e que biofilmes microbianos podem constituir uma excelente alternativa para tratamento de águas, contribuindo na redução dos custos nas ETAs e no prolongamento da vida útil dos filtros

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à COMUSA - Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo; ao Centro de Microscopia e Microanálise (CMM) da UFRGS; ao CNPq (bolsa de iniciação científica no ensino médio); ao INICIE/UERGS (bolsa de iniciação científica) e aos Técnicos Químicos Marcel Ludwig e Marcus Vinícius da Silva.

## REFERÊNCIAS

- ARAMPATZIDOU, Anastasia; VOUTSA, Dimitra; DELIYANNI, Eleni. Removal of bisphenol A by Fe-impregnated activated carbons. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 25, n. 26, p. 25869–25879, 2018.
- BHARALI, P. *et al.* Crude biosurfactant from thermophilic *Alcaligenes faecalis*: feasibility in petro-spill bioremediation. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 65, n. 5, p. 682–690, 2011.
- BORGES, Rivea Medri *et al.* Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 709–720, 2016.
- BRANDA, Steven S.; VIK, Åshild; FRIEDMAN, Lisa; KOLTER, Roberto. Biofilms: the matrix revisited. **Trends in microbiology**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 20–26, 2005.

- CHENG, Zhuowei *et al.* Improved biodegradation potential of chlorobenzene by a mixed fungal-bacterial consortium. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 123, p. 276–285, 2017.
- COENYE, Tom E. *et al.* *Kerstersia gyiorum* gen. nov., sp. nov., a novel *Alcaligenes faecalis*-like organism isolated from human clinical samples, and reclassification of *Alcaligenes denitrificans* Rüger and Tan 1983 as *Achromobacter denitrificans* comb. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** (2003), 53, 1825–1831.
- DOS SANTOS, Glauca; COLOMBO, Tatiana Elias. Prevalência de *Pseudomonas aeruginosa* em águas e superfície. **J Health Sci Instit**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 314–318, 2015.
- DRZEWIECKA, Dominika. Significance and roles of *Proteus* spp. bacteria in natural environments. **Microbial ecology**, [S. l.], v. 72, n. 4, p. 741–758, 2016.
- FENT, Karl; WESTON, Anna A.; CAMINADA, Daniel. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic toxicology**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 122–159, 2006.
- GARZA-CAMPOS, Benjamin *et al.* Salicylic acid degradation by advanced oxidation processes. Coupling of solar photoelectro-Fenton and solar heterogeneous photocatalysis. **Journal of hazardous materials**, [S. l.], v. 319, p. 34–42, 2016.
- GE, Shimei *et al.* Comparative evaluations on bio-treatment of hexavalent chromate by resting cells of *Pseudochrobactrum* sp. and *Proteus* sp. in wastewater. **Journal of environmental management**, [S. l.], v. 126, p. 7–12, 2013.
- H. JONES, O. A.; VOULVOULIS, Nick; LESTER, John N. Human pharmaceuticals in wastewater treatment processes. **Critical reviews in environmental science and technology**, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 401–427, 2005.
- HAMIDOU SOUMANA, Illiassou; LINZ, Bodo; HARVILL, Eric T. Environmental origin of the genus *Bordetella*. **Frontiers in microbiology**, [S. l.], v. 8, p. 28, 2017.
- HEBERER, Th; REDDERSEN, K.; MECHLINSKI, A. From municipal sewage to drinking water: fate and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment in urban areas. **Water Science and Technology**, [S. l.], v. 46, n. 3, p. 81–88, 2002.
- HUERTA-FONTELA, Maria; GALCERAN, Maria Teresa; VENTURA, Francesc. Occurrence and removal of pharmaceuticals and hormones through drinking water treatment. **Water research**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 1432–1442, 2011.
- HUSMARK, Ulrika; RÖNNER, Ulf. Forces involved in adhesion of *Bacillus cereus* spores to solid surfaces under different environmental conditions. **Journal of Applied Bacteriology**, [S. l.], v. 69, n. 4, p. 557–562, 1990.
- ISMAIL, Maha M. *et al.* Remediation of a mixture of analgesics in a stirred-tank photobioreactor using microalgal-bacterial consortium coupled with attempt to valorise the harvested biomass. **Bioresource technology**, [S. l.], v. 232, p. 364–371, 2017.

- JIMÉNEZ, Lucero; ARRIAGA, Sonia; AIZPURU, Aitor. Assessing biofiltration repeatability: statistical comparison of two identical toluene removal systems. **Environmental Technology**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 681–693, 2016.
- KHANNA, Purnima; GOYAL, Dinesh; KHANNA, Sunil. Pyrene Degradation by *Bacillus pumilus* Isolated from Crude Oil Contaminated Soil. **Journal Polycyclic Aromatic Compounds**, v. 31, 2011.
- KUMAR, Vinod; CHOPRA, A. K. Phytoremediation potential of water caltrop (*Trapa natans* L.) using municipal wastewater of the activated sludge process-based municipal wastewater treatment plant. **Environmental technology**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 12–23, 2018.
- LA FARRE, Marinel *et al.* Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, [S. l.], v. 27, n. 11, p. 991–1007, 2008.
- LAI, Changmiao *et al.* A novel integrated bio-reactor of moving bed and constructed wetland (MBCW) for domestic wastewater treatment and its microbial community diversity. **Environmental Technology**, [S. l.], p. 1–16, 2020.
- LAZAROVA, V.; MANEM, J. Biofilm characterization and activity analysis in water and wastewater treatment. **Water research**, [S. l.], v. 29, n. 10, p. 2227–2245, 1995.
- LIU, Yuxuan *et al.* Adsorption and removal of bisphenol A in two types of sediments and its relationships with bacterial community. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 153, p. 105021, 2020.
- LIU, Yang Qiliang; JUAN DU, Lai; SHAO, Zongze. *Bacillus zhangzhouensis* sp. nov. and *Bacillus australimaris* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 66, 1193–1199, 2016.
- MOHAMED, Elham F. *et al.* Biofiltration technology for the removal of toluene from polluted air using *Streptomyces griseus*. **Environmental technology**, [S. l.], v. 37, n. 10, p. 1197–1207, 2016.
- MOMPELAT, S.; LE BOT, B.; THOMAS, O. Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. **Environment international**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 803–814, 2009.
- NISOLA, Grace M. *et al.* Hydrogen sulfide degradation characteristics of *Bordetella* sp. Sulf-8 in a biotrickling filter. **Bioprocess and biosystems engineering**, [S. l.], v. 33, n. 9, p. 1131–1138, 2010.
- OLUKANNI, O. D. *et al.* Decolorization and biodegradation of Reactive Blue 13 by *Proteus mirabilis* LAG. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 184, n. 1–3, p. 290–298, 2010.
- PADHI, Susant Kumar; GOKHALE, Sharad. Benzene biodegradation by indigenous mixed microbial culture: kinetic modeling and process optimization. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 119, p. 511–519, 2017.
- PANIGRAHY, Namita *et al.* Metabolic profile analysis and kinetics of p-cresol biodegradation by an indigenous *Pseudomonas citronellolis* NS1 isolated from coke oven wastewater. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 147, p. 104837, 2020.

PATOWARY, Kaustuvmani *et al.* Degradation of polyaromatic hydrocarbons employing biosurfactant-producing *Bacillus pumilus* KS2. **Annals of Microbiology**, v. 65, pages 225–234, 2015.

PETRIE, Bruce; BARDEN, Ruth; KASPRZYK-HORDERN, Barbara. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. **Water research**, [S. l.], v. 72, p. 3–27, 2015.

RAJAMANICKAM, Ravi *et al.* Batch biodegradation of toluene by mixed microbial consortia and its kinetics. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 119, p. 282–288, 2017.

SIMPSON, David R. Biofilm processes in biologically active carbon water purification. **Water research**, [S. l.], v. 42, n. 12, p. 2839–2848, 2008.

SOUZA, Fernanda Siqueira *et al.* Comparison of different advanced oxidation processes for the removal of amoxicillin in aqueous solution. **Environmental technology**, [S. l.], v. 39, n. 5, p. 549–557, 2018.

TIWARI, Bhagyashree *et al.* Review on fate and mechanism of removal of pharmaceutical pollutants from wastewater using biological approach. **Bioresource technology**, [S. l.], v. 224, p. 1–12, 2017.

VONA, Andrea *et al.* Comparison of different removal techniques for selected pharmaceuticals. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 5, p. 48–57, 2015.

WESTPHALEN, Ana Paula Campos; CORÇÃO, Gertrudes; BENETTI, Antônio Domingues. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 425–436, 2016.

ZHI, Dan *et al.* Current progress in the adsorption, transport and biodegradation of antibiotics in soil. **Journal of environmental management**, [S. l.], v. 251, p. 109598, 2019.

ZIYLAN, Asu; INCE, Nilsun H. The occurrence and fate of anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals in sewage and fresh water: treatability by conventional and non-conventional processes. **Journal of hazardous materials**, [S. l.], v. 187, n. 1–3, p. 24–36, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

$\beta$ -glucans 140, 143, 144, 149, 151, 152, 156

### A

Ácido Acetilsalicílico 13, 157, 158, 159

Additives 140, 144, 146, 147, 149, 151, 152, 155

Adsorção 157, 158, 159, 160, 163, 167, 168, 169, 172

Aeromonadaceae 43, 44, 48, 50

Amilase 65, 66, 68, 70, 72, 73, 95, 98, 99, 100, 101

Aplicações industriais 66, 68, 70, 78, 79, 97, 106, 132, 138

Aspectos Microbiológicos 9, 176

Aspergillus tamarisii 12, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138

### B

Biodegradação 157, 158, 159, 160, 163, 165, 166, 168, 169, 172

Biofilme 13, 58, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 168, 169, 171, 172

Bioprospecção 65, 66, 75, 138

### C

Cell Wall 12, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155

Celulase 95, 98, 99, 100, 102, 107, 133

Contaminação microbiana 2, 63

Contamination 10, 2, 16, 17, 43, 44, 45, 50, 51, 52, 64, 86

### D

Dengue 10, 38, 39, 40, 41, 42

Design de Plackett-Burman 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Diagnóstico 10, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 36, 178, 179, 180

Diversidade Microbiana 158, 171, 172

Drenagem Urbana 2

### E

Enterobacteriaceae 44, 48, 50, 57

Enzima fibrinolítica 119, 126

Epidemiologia 34, 38, 42, 63

Escarro 10, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22

Esgoto 1, 2, 3, 7, 159, 161, 172

Extração 30, 33, 68, 119, 121, 126, 134, 140, 161

## **F**

Farelo de soja 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Fermentação 91, 97, 108, 110, 119, 121, 131, 138

Fermentação Submersa 72, 95, 97, 98, 99, 106, 107, 109, 110, 111, 116, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138

Fitoterápicos 23

Floresta Atlântica 23

Fungo endofítico 12, 109, 110, 111

Fungo Filamentoso 102, 131, 134, 157, 164, 166, 171

Fungos 9, 11, 4, 18, 20, 23, 25, 27, 54, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 95, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 120, 131, 132, 136, 137, 138, 160, 182

## **H**

Hidrolase 131

## **I**

Infecção Hospitalar 55, 61, 63, 64

## **L**

Linhagens de Levedura 79

Lipase 68, 75, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 104, 137

## **M**

Mollusks 43, 44, 45

Mycobacterium tuberculosis 13, 14, 15, 17, 176, 177

## **O**

Óleos essenciais 36, 78, 79

## **P**

Pau d'álho 23

Pectinase 65, 66, 72

Protease 68, 75, 95, 96, 98, 99, 100, 104, 105, 106, 108, 122, 124, 127, 128, 129, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139

## **Q**

Quitinase 12, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116

## **R**

Resíduos Agroindustriais 12, 104, 130, 131, 133, 135, 138

Resistência microbiana 55, 59

## **S**

Saccharomyces Sensu Stricto 78, 79, 81, 83, 85, 86, 90, 91, 93

Sensibilidade 10, 14, 18, 23

Sistema bifásico 119

Sobral 10, 13, 14, 38, 39, 40, 41, 176, 177, 178, 180, 181

Superfícies contaminadas 55

## **T**

Tuberculose 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 176, 177, 178, 179, 180, 181

## **V**

Vibrionaceae 43, 44, 48, 50

## **Y**

Yeast 12, 33, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 151, 152, 153, 154, 155, 156

# PROJETOS INOVADORES E PRODUÇÃO INTELECTUAL NA MICROBIOLOGIA

[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) 

# PROJETOS INOVADORES E PRODUÇÃO INTELECTUAL NA MICROBIOLOGIA

[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) 