

# MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

Renan Monteiro do Nascimento  
(Organizador)

# MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

Renan Monteiro do Nascimento  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
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> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
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 Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Antonio 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
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. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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



## Microbiologia: clínica, ambiental e alimentos

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremonesi  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Renan Monteiro do Nascimento

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

M626 Microbiologia: clínica, ambiental e alimentos / Organizador  
Renan Monteiro do Nascimento. – Ponta Grossa - PR:  
Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-754-3

DOI 10.22533/at.ed.543210120

1. Microbiologia. I. Nascimento, Renan Monteiro do  
(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](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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Microbiologia: Clínica, Ambiental e Alimentos” é uma obra que tem como foco principal a apresentação de trabalhos científicos diversos que compõe seus capítulos relacionados aos microrganismos. O volume apresenta um compilado de 15 artigos distribuídos em temáticas que abordam de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nas diversas áreas de aplicação da Microbiologia.

O objetivo central desta coletânea é apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à Bacteriologia, Micologia, Parasitologia, Virologia, Imunologia Biotecnologia, Saúde Pública e áreas correlatas.

O avanço tecnológico tem contribuído com inúmeras pesquisas relacionadas à biologia dos diversos microrganismos existentes, e conseqüentemente, esses estudos podem auxiliar na prevenção e no combate a patologias/doenças que podem afetar a saúde humana e dos demais seres vivos.

Temas diversos e interessantes são deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pelas ciências biológicas e pelas ciências da saúde em seus aspectos microbiológicos. Possuir um material que demonstre a aplicação dos microrganismos em várias áreas do conhecimento, de forma temporal e com dados substanciais de regiões específicas do país tem sido relevante, bem como, abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Este livro “Microbiologia: Clínica, Ambiental e Alimentos” apresenta uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus estudos que aqui estão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora, que é capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável, permitindo que esses pesquisadores exponham e divulguem seus trabalhos.

Desejo a todos uma ótima leitura.

Renan Monteiro do Nascimento

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE MOLHO DE TUCUPI PRETO E MOLHO SHOYU**

Clara Noelly Pimentel da Silva

Amanda Lima Tvares

Marcelly Monteiro Martins

Regiane Soares Ramos

Vitoria Micaely Torres Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.5432101201**

### **CAPÍTULO 2..... 7**

#### **PRODUÇÃO DE BIOETANOL E CONTROLE MICROBIOLÓGICO DO PROCESSO**

Arlindo José Lima de Carvalho

Mariana Carina Frigieri

Leonardo Lucas Madaleno

Wilton Rogério Lustrí

Silmara Cristina Lazarini Frajácomo

Danilo Luiz Flumignan

Ariela Veloso de Paula

Cássia Regina Primila Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.5432101202**

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **MICROBIAL INACTIVATION IN ANIMAL WASTE WITH IONIZING RADIATION**

María Verónica Vogt

Jose Pachado

**DOI 10.22533/at.ed.5432101203**

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **PESQUISA DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO NA CARNE DE CHARQUE COMERCIALIZADA EM SUPERMERCADOS E FEIRAS LIVRES**

Larissa Karine Barbosa

Maria Aduclécia de Lima

Adayane Camila da Silva

João Victor Bezerra Gonçalves Melo

José Agostinho Alves Pereira Filho

André Victor Barbosa Julião

Agenor Tavares Jacome Junior

**DOI 10.22533/at.ed.5432101204**

### **CAPÍTULO 5..... 45**

#### **PESQUISA DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO EM VERDURAS COMERCIALIZADAS EM FEIRAS LIVRES E SUPERMERCADOS DA CIDADE DE CARUARU- PE**

Maria Aduclécia de Lima

Larissa Karine Barbosa

Adayane Camila da Silva

João Victor Bezerra Gonçalves Melo  
José Agostinho Alves Pereira Filho  
André Victor Barbosa Julião  
Agenor Tavares Jacome Junior  
**DOI 10.22533/at.ed.5432101205**

**CAPÍTULO 6..... 53**

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A AGENTES BIOLÓGICOS- CARACTERIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AMBIENTAL E FOMITES NA INDÚSTRIA DE RESÍDUOS**

Marta Vasconcelos Pinto  
Manuela Vaz-Velho  
Joana Santos

**DOI 10.22533/at.ed.5432101206**

**CAPÍTULO 7..... 73**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DE SUCOS DETOX/VERDES**

Thamyres Samara dos Santos Melo  
José Samuel de Lima  
Maria Aduclécia de Lima  
Agenor Tavares Jacome Junior

**DOI 10.22533/at.ed.5432101207**

**CAPÍTULO 8..... 82**

**OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DO CORANTE RODAMINA B UTILIZANDO BIOFILME DE *Bacillus* sp. L26 POR MEIO DE UM DELINEAMENTO COMPOSTO CENTRAL ROTACIONAL**

Eduardo Beraldo de Moraes  
Frederico Carlos Martins de Menezes Filho  
Rossean Golin  
Cassiano Ricardo Reinehr Corrêa  
Ibraim Fantin da Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.5432101208**

**CAPÍTULO 9..... 95**

**CUSTOS DO TRATAMENTO ANTIMICROBIANO DE PACIENTES INFECTADOS E NÃO INFECTADOS POR MICRORGANISMOS MULTIRRESISTENTES**

Taylla Rodrigues Chaves  
Paula Campos de Mendonça  
Gislane Ferreira de Melo  
Tarquino Erastides G Sánchez  
Priscilla Cartaxo Pierri Bouchardet  
Noriberto Barbosa da Silva  
Fabiana Xavier Cartaxo Salgado

**DOI 10.22533/at.ed.5432101209**

**CAPÍTULO 10..... 106**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS ZOOSPÓRICOS EM AREAS DE PRESERVAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS-AM**

Eliane Santos Almeida

Maria Ivone Lopes da Silva  
DOI 10.22533/at.ed.54321012010

**CAPÍTULO 11..... 124**

**EFEITO ANTIFÚNGICO DE EXTRATOS HIDROALCOÓLICOS CONTRA *Colletotrichum sp***

Felipe Guilherme Brunetto Bretschneider  
Bruna Regina Pereira Rocha  
Cleusa Ines Weber  
Alessandra Machado-Lunkes  
Cláudio Roberto Novello

**DOI 10.22533/at.ed.54321012011**

**CAPÍTULO 12..... 130**

**ASPECTOS IMUNOLÓGICOS DA ESPOROTRICOSE**

Luana Rossato

**DOI 10.22533/at.ed.54321012012**

**CAPÍTULO 13..... 143**

**PRESENÇA DE PARASITOSSES EM TOMATES (*Solanum lycopersicum*)  
COMERCIALIZADOS NAS FEIRAS LIVRES DE SANTARÉM – PA**

Luana Caroline Frota da Conceição  
Lília Maria Nobre Mendonça de Aguiar  
Domingas Machado da Silva  
Jocireudo de Jesus Carneiro Aguiar  
Edson Alves Menezes Júnior  
Bruna Jaqueline Sousa da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.54321012013**

**CAPÍTULO 14..... 150**

**PROFILE OF CONTACT LENS WEARERS AND ASSOCIATED RISK FACTORS FOR  
ACANTHAMOEBA SPP**

Denise Leal dos Santos  
Veridiana Gomes Virginio  
Sergio Kwitko  
Diane Ruschel Marinho  
Bruno Schneider de Araújo  
Claudete Inês Locatelli  
Marilise Brittes Rott

**DOI 10.22533/at.ed.54321012014**

**CAPÍTULO 15..... 162**

**MAYARO: UMA AMEAÇA PARA O BRASIL**

Patrick Jesus de Souza  
Suellen da Costa Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.54321012015**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 170**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 171**

## OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DO CORANTE RODAMINA B UTILIZANDO BIÓFILME DE *Bacillus* sp. L26 POR MEIO DE UM DELINEAMENTO COMPOSTO CENTRAL ROTACIONAL

Data de aceite: 19/01/2021

### **Eduardo Beraldo de Moraes**

Universidade Federal de Mato Grosso  
UFMT, Faculdade de Arquitetura, Engenharia  
e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Hídricos, Departamento de  
Engenharia Sanitária e Ambiental  
Cuiabá - MT

### **Frederico Carlos Martins de Menezes Filho**

Universidade Federal de Viçosa – UFV, Instituto  
de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Rio Paranaíba - MG

### **Rossean Golin**

Universidade Federal de Mato Grosso  
UFMT, Faculdade de Arquitetura, Engenharia  
e Tecnologia, Departamento de Engenharia  
Sanitária e Ambiental, Laboratório de  
Microbiologia Sanitária e Ambiental  
Cuiabá – MT

### **Cassiano Ricardo Reinehr Corrêa**

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT,  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e  
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Recursos Hídricos, Cuiabá – MT

### **Ibraim Fantin da Cruz**

Universidade Federal de Mato Grosso  
UFMT, Faculdade de Arquitetura, Engenharia  
e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Hídricos, Departamento de  
Engenharia Sanitária e Ambiental  
Cuiabá - MT

apresentado como alternativa tecnológica de baixo custo, eficiente e ainda sustentável, por meio da utilização de biomassas. O objetivo do presente estudo foi otimizar diferentes condições experimentais (pH: 2 - 10; concentração do adsorvente: 0,5 - 2,5 g/L; concentração de corante: 10 – 50 mg/L e temperatura: 20 – 50 °C) para a remoção do corante Rodamina B (RdB) de solução aquosa, pelo biofilme produzido por *Bacillus* sp. L26. Sendo assim, elaborou-se um planejamento experimental baseado no delineamento composto central rotacional (DCCR) e superfície de resposta, totalizando 28 ensaios, sendo 16 fatoriais, com 4 repetições no ponto central e 8 axiais. A análise estatística realizada para o modelo demonstrou a não significância para a temperatura. Os ensaios de adsorção iniciais realizados se mostraram promissores para a remoção percentual de corante, obtendo-se o valor máximo de 28,20% para pH 4,0, concentração de corante de 20 mg/L e concentração de adsorvente de 2 g/L. Observou-se elevada influência do pH sobre a remoção percentual do corante Rodamina B. Recomenda-se para estudos futuros, a validação experimental, utilizando-se valores reduzidos para o pH e o aumento da concentração de adsorvente na busca da maximização da remoção percentual do corante estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biossorção, remoção de corantes, planejamento experimental, metodologia de superfície de resposta.

**RESUMO:** O tratamento de águas residuárias realizado por processos de adsorção tem se

## OPTIMIZATION OF RHODAMINE B DYE REMOVAL USING BIOFILM OF *Bacillus* sp. L26 THROUGH A CENTRAL COMPOSITE ROTATIONAL DESIGN

**ABSTRACT:** The treatment of wastewater carried out by adsorption processes has been presented as a low cost, efficient, and sustainable technological alternative through the use of biomasses. The present study aimed to optimize different experimental conditions (pH: 2 - 10; adsorbent concentration: 0.5 - 2.5 g / L; dye concentration: 10 - 50 mg / L and temperature: 20 - 50 ° C) for the removal of Rhodamine B (RdB) dye from aqueous solution, using the biofilm produced by *Bacillus* sp. L26. Therefore, an experimental design based on the central composite rotational design (CCRD) and response surface methodology was elaborated, totaling 28 tests, of which 16 were factorial, with 4 repetitions at the central point and 8 axials. The statistical analysis performed for the model showed no significance for temperature. The initial adsorption tests performed were promising for the percentage removal of dye, obtaining a maximum value of 28.20% for pH 4.0, dye concentration of 20 mg/L, and adsorbent concentration of 2 g/L. There was a high influence of pH on the percentage removal of the Rhodamine B. Experimental validation is recommended for future studies, using reduced values for the pH and increasing the concentration of adsorbent to maximize the percentage removal of the studied dye.

**KEYWORDS:** Biosorption, dyes removal, experimental design, response surface methodology.

## 1 | INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias é fundamental para o controle da poluição ambiental. Dentre as diversas atividades industriais potencialmente poluidoras, aquelas que usam corantes sintéticos, como as indústrias têxteis, de papel, plástico e borracha, contribuem para a degradação dos corpos d'água uma vez que suas águas residuárias contém metais pesados, sais, surfactantes, altas concentrações de DBO e DQO e corantes (WATHARKAR et al., 2015). O descarte desses efluentes sem tratamento ou com tratamento insatisfatório nos corpos hídricos traz diversos problemas estéticos, diminuição da atividade fotossintética devido à redução da penetração da luz solar e depleção de oxigênio (SHEHZADI et al., 2014). Além disso, muitos corantes são considerados moléculas tóxicas, genotóxicas ou mesmo carcinogênicas o que reforça a necessidade de sua remoção (GILL; ARORA; CHANDER, 2002).

Diversas tecnologias físicas, químicas e biológicas têm sido desenvolvidas e usadas para o tratamento de águas residuárias contendo corantes. Dentre elas, podem ser citadas a nanofiltração e osmose reversa (CINPERI et al., 2019), radiação gama (RAHMAN BHUIYAN et al., 2016), eletrocoagulação e ozonização (BILIŃSKA et al., 2019) e eletrocatálise (KAUR; KUSHWAHA; SANGAL, 2018). Entretanto, a aplicação dessas tecnologias em escala real geralmente é cara, requer tecnologia de ponta, mão de obra especializada e alto consumo de energia (CASTRO; COSSOLIN; CRISTINA, 2017). Por outro lado, a remoção de poluentes de águas residuárias pelo processo de adsorção tem se apresentado como tecnologia eficiente e de baixo custo. Essa tecnologia possui simplicidade de operação e



capacidade de tratar águas residuárias com altas concentrações de poluentes. Diversos materiais adsorventes têm sido utilizados, especialmente aqueles de origem biológica (biomassas). Palha de arroz (RIBEIRO et al., 2017), casca de banana (OYEKANMI et al., 2019), resíduos de levedura cervejeira (CASTRO; COSSOLIN; CRISTINA, 2017) e células fúngicas (SOUZA et al., 2020) são alguns exemplos de biomassa usadas eficientemente para a adsorção de corantes.

O uso de biomassa microbiana para a biossorção de diferentes poluentes tem sido amplamente estudado. Nath e Ray (NATH; RAY, 2015) aplicaram biomassa seca de *Bacillus cereus* M<sup>1</sup><sub>16</sub> (MTC 5521) na remoção do corante verde Malaquita de água residuária têxtil sintética. Biofilme formado por *Bacillus amyloliquefaciens* se mostrou eficiente na adsorção de nitrito de solução aquosa (HUI et al., 2018). *Sulfobacillus thermosulfdooxidans*, uma bactéria termo-acidófila, foi capaz de adsorver os metais Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> (HUANG et al., 2020). O interesse pela biomassa microbiana é devido aos diferentes grupos funcionais presentes na sua parede celular, como amina, carboxila, tióis, sulfidrilas e fosfatos, que atuam como sítios eficientes de adsorção.

O processo de adsorção é influenciado por diversos parâmetros como pH, temperatura, concentração do adsorbato, concentração do adsorvente, tempo de contato, entre outros. O estudo da influência desses parâmetros de modo isolado pode ser dispendioso em termos de tempo e custos. Sendo assim, metodologias de planejamento experimental são aplicadas para avaliar a interação desses parâmetros e otimizar o processo de adsorção por meio de um número reduzido de experimentos (ALI et al., 2018).

Consoante Abbasi et al. (2016), a metodologia da superfície de respostas (MSR) constitui importante ferramenta para investigar o efeito da variação simultânea de diversas variáveis sobre as respostas de um processo, considerando um número limitado de ensaios. Baseia-se no ajuste de uma equação polinomial com dados experimentais, sendo aplicada quando uma resposta ou conjunto de respostas de interesse são influenciadas por diversas variáveis (ARCHIN et al., 2019).

Neste enfoque, o Delineamento Composto Central (DCC) é uma das abordagens mais importantes e frequentes dentre os planejamentos usando MSR (MOUSAVI et al., 2018; ARCHIN et al., 2019), sendo adequado tanto para o ajuste de superfícies quadráticas como para a otimização de processos (OTHMAN, et al., 2017; ABBASI et al., 2016; KOUSHA et al, 2015).

Ao Delineamento Composto Central (DCC) em que se adicionam pontos axiais do tipo  $\pm\alpha$ , em que  $\alpha = (2^k)^{1/4}$ , denomina-se Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) (RODRIGUES e IEMMA, 2009). O número total de ensaios (N) para o DCCR com k fatores ou variáveis, envolvem  $2^k$  pontos fatoriais com centro na origem (vértices de um cubo);  $2k$  pontos axiais em uma distância fixa ( $\alpha$ ) do centro, permitindo a estimativa dos termos quadráticos e, repetições nos pontos centrais que possibilitarão o cálculo do erro experimental.

Deste modo, o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) foi selecionado para avaliar o biofilme produzido por *Bacillus* sp. L26 como adsorvente na remoção do corante Rodamina B (RdB) de solução aquosa. Biofilmes consistem de células microbianas emaranhadas em uma matriz de polímeros extracelulares e material particulado que possuem sítios ativos para a adsorção (HUI et al., 2018). Rodamina B é um corante pertencente à classe dos xantenos que tem aplicações no tingimento de tecidos e couros, na indústria de alimentos e em laboratórios biomédicos nos quais é utilizado como corante biológico (BELLO et al., 2020; MOHAMMADI et al., 2010) solution pH (3 to 11. Apesar de seus diversos usos, a Rodamina B é considerada tóxica e mutagênica com diversos efeitos deletérios para os sistemas vivos (TRIPATHY et al., 1995; NESTMANN et al., 1979; TAN et al., 2014).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Reagentes

O corante RdB (fórmula molecular:  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ , massa molecular: 479.01 g mol<sup>-1</sup>) foi adquirido de Sigma Aldich-Brasil. Uma solução estoque de RdB de 1,0 g L<sup>-1</sup> em água destilada foi preparada e esta foi diluída para obtenção de soluções utilizadas nos experimentos.

### 2.2 Preparação do biofilme

*Bacillus* sp. L26 foi isolado de água subterrânea contaminada por derivados de petróleo. Detalhes do isolamento e identificação desta bactéria foram descritos em nosso trabalho prévio (LIMA et al., 2020) Brazil. Based on hydrocarbon (diesel, hexadecane, benzene, toluene and xylene. Para a formação do biofilme, a linhagem L26 foi inoculada em 50 mL de caldo Nutriente (Himedia, constituído de, por litro: 5,0 g de peptona, 1,5 g de extrato de carne, 1,5 g de extrato de levedura, 5,0 g de NaCl), e incubada à 35 °C por 72 h, em condições estáticas. Após, o biofilme formado na interface ar/meio de cultura foi assepticamente coletado, lavado por três vez com água destilada estéril e liofilizado. O biofilme liofilizado foi armazenado em dessecador até o momento de uso.

### 2.3 Experimentos de bioadsorção

Os experimentos de bioadsorção foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 100 mL contendo 30 mL da solução do corante RdB. A correção do pH das soluções de corante foi efetuada por meio de soluções 0,1 N de NaOH ou HCl. Os frascos foram agitados em shaker rotativo a 150 rpm durante 2 h. Após, o biofilme bacteriano foi removido da solução de corante por centrifugação (10000 rpm, 15 min) e a concentração residual da RdB foi determinada por espectrofotometria UV-Vis (Hach DR6000,  $\lambda_{max} = 554$  nm). A eficiência de remoção da RdB foi calculada de acordo com a equação (1):

$$R(\%) = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

Em que:  $C_i$  e  $C_e$  representam a concentração inicial e no equilíbrio da RdB na solução (mg/L).

## 2.4 Planejamento experimental

O planejamento experimental baseou-se no Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para otimização do processo de adsorção do corante Rodamina B.

Os fatores ou variáveis independentes selecionadas para o presente estudo foram pH, concentração de adsorvente (biofilme de *Bacillus* sp. L26), concentração do corante (Rodamina B) e temperatura. A variável dependente considerada como resposta foi a remoção percentual de Rodamina B.

A relação entre a variável dependente e as variáveis independentes pode ser descrita por um modelo de segunda ordem, expressa pela Equação (2):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{14} x_1 x_4 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{24} x_2 x_4 + \beta_{34} x_3 x_4 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{44} x_4^2 \quad (2)$$

Em que:  $Y$  é a resposta predita (remoção percentual de Rodamina B, %);  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  e  $x_4$  são as variáveis independentes de entrada codificadas;  $\beta_0$  é o intercepto;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  e  $\beta_4$  são os coeficientes lineares;  $\beta_{12}$ ,  $\beta_{13}$ ,  $\beta_{14}$ ,  $\beta_{23}$ ,  $\beta_{24}$  e  $\beta_{34}$  são os coeficientes de interação e  $\beta_{11}$ ,  $\beta_{22}$ ,  $\beta_{33}$  e  $\beta_{44}$  são os coeficientes quadráticos.

As variáveis de entrada foram examinadas em cinco diferentes níveis (- $\alpha$ , -1, 0, 1,  $\alpha$ ). Os intervalos e níveis utilizados nos experimentos são apresentados na Tabela 1. Todos os experimentos foram delineados utilizando o software livre R (R Core Team, 2017), com a utilização de pacotes específicos para análise estatística e planejamento de experimentos, a saber: o qualityTools (ROTH, 2016) e o DoE.wrapper (GRÖMPING, 2017).

Variáveis	- $\alpha$ (-2.0)	Inferior (-1.0)	Central (0)	Superior (1.0)	+ $\alpha$ (2.0)
$x_1$ , pH	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
$x_2$ , Conc. Adsor (g/L)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
$x_3$ , Conc. Corante (mg/L)	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
$x_4$ , Temperatura (°C)	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00

Legenda: Conc. Adsor – concentração de adsorvente; Conc. Corante – concentração de corante.

Tabela 1 – Valores utilizados no DCCR para avaliação da remoção de Rodamina B.

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais obtidos para a remoção percentual de Rodamina B bem como os valores preditos e erros são apresentados na Tabela 2.

Ensaio	pH $x_1$	Conc.Adsor. $x_2$	Cor.A $x_3$	Temp. $x_4$	Remoção de corante (%)		Erro de ajuste	Erro relativo (%)
					Experimental	Predito		
1	4.00	1.00	20.00	25	18.10	15.19	2.92	16.10
2	8.00	1.00	20.00	25	11.50	12.88	-1.38	-12.01
3	4.00	2.00	20.00	25	26.65	25.45	1.20	4.50
4	8.00	2.00	20.00	25	22.80	23.15	-0.35	-1.52
5	4.00	1.00	40.00	25	14.15	10.45	3.70	26.17
6	8.00	1.00	40.00	25	8.25	8.14	0.11	1.30
7	4.00	2.00	40.00	25	23.00	20.71	2.29	9.94
8	8.00	2.00	40.00	25	17.00	18.41	-1.41	-8.29
9	4.00	1.00	20.00	35	12.10	15.19	-3.08	-25.50
10	8.00	1.00	20.00	35	11.15	12.88	-1.73	-15.52
<b>11</b>	<b>4.00</b>	<b>2.00</b>	<b>20.00</b>	<b>35</b>	<b>28.20</b>	<b>25.45</b>	<b>2.75</b>	<b>9.75</b>
12	8.00	2.00	20.00	35	23.65	23.15	0.50	2.13
13	4.00	1.00	40.00	35	11.20	10.45	0.75	6.72
14	8.00	1.00	40.00	35	8.80	8.14	0.66	7.47
15	4.00	2.00	40.00	35	19.20	20.71	-1.51	-7.88
16	8.00	2.00	40.00	35	18.20	18.41	-0.21	-1.15
17	6.00	1.50	30.00	30	17.07	17.76	-0.69	-4.04
18	6.00	1.50	30.00	30	20.73	17.76	2.98	14.36
19	6.00	1.50	30.00	30	16.27	17.76	-1.49	-9.16
20	6.00	1.50	30.00	30	17.60	17.76	-0.16	-0.89
21	2.00	1.50	30.00	30	12.60	20.06	-7.46	-59.21
22	10.00	1.50	30.00	30	14.40	15.45	-1.05	-7.31
23	6.00	0.50	30.00	30	8.20	7.49	0.71	8.66
24	6.00	2.50	30.00	30	28.07	28.02	0.04	0.16
25	6.00	1.50	10.00	30	18.90	18.66	0.24	1.28
26	6.00	1.50	50.00	30	7.64	9.18	-1.54	-20.18
27	6.00	1.50	30.00	20	18.73	17.76	0.98	5.22
28	6.00	1.50	30.00	40	20.00	17.76	2.24	11.22

Tabela 2 – Matriz do delineamento composto central contendo os valores reais para as variáveis, os resultados experimentais e preditos e os desvios para o DCCR.

Pode-se observar uma grande variação do erro relativo em função das combinações das variáveis de entrada. Analisando-se o valor máximo de remoção obtido de 28,20%,

tem-se um erro relativo inferior a 10%. Tal comportamento do erro estará associado às faixas de valores para as variáveis onde o processo de adsorção será facilitado ou não; como será apresentado posteriormente.

Para a obtenção do modelo, consideraram-se apenas os parâmetros significativos, que apresentaram p-valor igual ou inferior a 0,05, apresentados pela Tabela 3. Neste caso, inseriu-se a o termo quadrático para a concentração de Rodamina B ( $\beta_{33}$ ), no intuito de avaliar sua significância para o modelo, já que apresentou um p-valor de 0.0520. Consoante a Tabela 3; os parâmetros relacionados à interação entre as variáveis no processo de remoção ( $\beta_{12}$ ,  $\beta_{13}$ ,  $\beta_{14}$ ,  $\beta_{23}$ ,  $\beta_{24}$  e  $\beta_{34}$ ) foram não significativos.

<b>Coefficientes</b>	<b>Estimativa do coeficiente</b>	<b>t-valor</b>	<b>p-valor*</b>
$\beta_0$	17.917500	15.8576	<b>0.000000***</b>
$\beta_1$	-1.152083	-2.4976	<b>0.026710 *</b>
$\beta_2$	5.132917	11.1276	<b>0.000000 ***</b>
$\beta_3$	-2.369583	-5.1370	<b>0.000191 ***</b>
$\beta_4$	-0.267083	-0.5790	0.572482
$\beta_{12}$	0.028125	0.0498	0.961052
$\beta_{13}$	0.040625	0.0719	0.943769
$\beta_{14}$	0.840625	1.4880	0.160612
$\beta_{23}$	-0.840625	-1.4880	0.160612
$\beta_{24}$	0.534375	0.9459	0.361460
$\beta_{34}$	-0.065625	-0.1162	0.909300
$\beta_{11}$	-0.928646	-2.0132	0.065278
$\beta_{22}$	0.230104	0.4988	0.626227
$\beta_{33}$	-0.986146	-2.1378	<b>0.052099</b>
$\beta_{44}$	0.537604	1.1655	0.264771

Legenda: \* - significativo; \*\*\* - altamente significativo.

Tabela 3 – Estimativa dos coeficientes e correspondentes estatísticas para remoção percentual do corante Rodamina B.

Baseando-se nessa análise, fez-se a reparametrização do modelo considerando-se apenas as variáveis independentes significativas (p-valor > 0,05), a saber: pH, concentração do adsorvente e concentração de Rodamina B, com a exclusão da temperatura (p-valor = 0,572). Obteve-se, assim, uma relação entre a remoção percentual do corante e as variáveis independentes analisadas usando o ajuste de um modelo quadrático, expresso pela Equação (3):

$$\% \text{ remoção} = 17.756 - 1,152 \text{ pH} + 5.133 \text{ Cadsor} - 2.369 \text{ Ccor} - 0.959 \text{ Ccor}^2 \quad (3)$$

Em que: pH, Cadsor e Ccor são os valores codificados das variáveis pH, concentração

de adsorvente e concentração de corante.

Valores negativos que antecedem os coeficientes indicam efeitos antagônicos ao processo e valores positivos indicam efeitos de sinergia (ABBASI e HABIBI, 2016). Tais valores podem ser confirmados pelos efeitos principais das variáveis consideradas importantes no processo. Como observa-se na Figura 1, o pH e a concentração de corante apresentam efeitos negativos para o processo de adsorção, reduzindo a porcentagem de remoção com a elevação de seus valores.

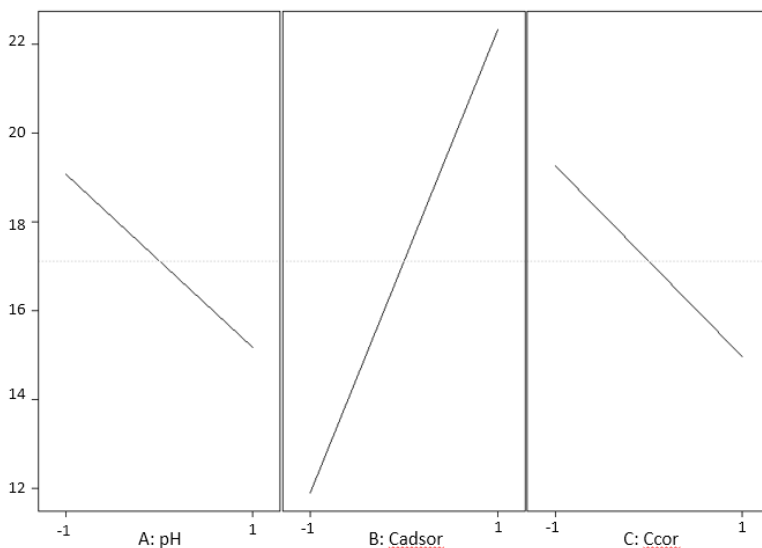


Figura 1 – Gráfico com efeitos principais.

Os valores ótimos para as variáveis de entrada utilizadas foram 4,0 para o pH, 2,0 g/L para a concentração de adsorvente, 20 mg/L para a concentração de corante e 35°C para a temperatura.

A análise de variância (ANOVA) apresentada pela Tabela 4 foi empregada para validar o modelo. O valor calculado de F para o modelo ( $F_{calc}$ ) deve ser superior ao valor tabulado de F, considerando-se o número de graus de liberdade o nível de significância,  $\alpha = 5\%$ .

O valor de  $F_{calc}$  para a remoção percentual de corante obtido fora de 35,42, superior ao tabelado de 2,80, indicando o modelo ser altamente significativo ( $p$ -valor inferior a 0,00001); confirmando assim a validação do mesmo.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	Fcalc
Regressão	824.18	4	291.55	35,42
Resíduos	133.79	23	5.82	
Total	957.97	27		

%remoção:  $F_{4,23,0.05} = 2.80$ ;  $R^2 = 0.86$ ;  $R^2_{ajustado} = 0.84$ , p-valor < 0.00001

Tabela 4 – ANOVA para a remoção percentual de Rodamina B.

A análise de variância (ANOVA) indicou uma porcentagem de variação explicada de 86%. O valor de  $R^2$  indica que esse modelo é adequado para avaliar a remoção percentual de Rodamina B, considerando o pH, a concentração do referido corante e a concentração de adsorvente. Tal resultado pode ser confirmado também pelo gráfico que relaciona dados experimentais e valores previstos (Figura 2).

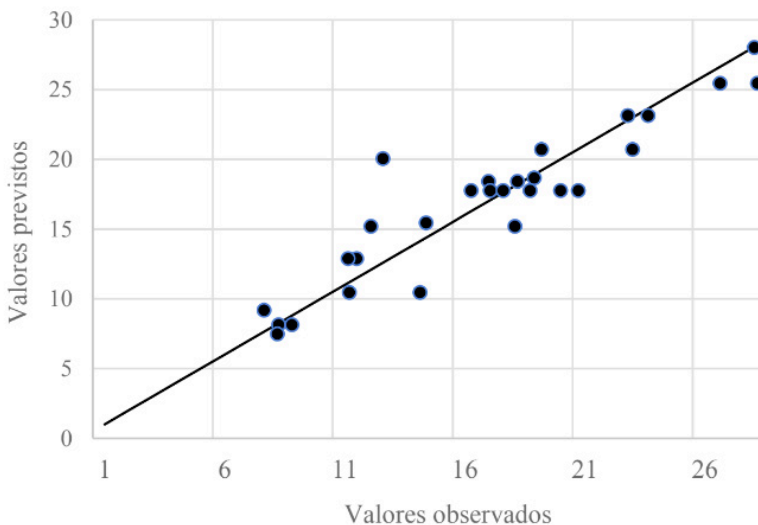


Figura 2 – Gráfico de valores observados por valores preditos.

### 3.1 Superfícies de resposta e curvas de contorno para a remoção percentual de corante

As superfícies de resposta e curvas de contorno referentes à remoção percentual do corante Rodamina B em função das variáveis independentes, pH, concentração do adsorvente (Cadsor) e concentração de corante (Ccor) são apresentadas nas Figuras 3 a 5.

Na Figura 3 apresenta-se a variação percentual da remoção de Rodamina B em

função da variação do pH e da concentração do adsorvente. Como esperado, quanto maior a concentração do adsorvente maior será a remoção percentual de corante (região em vermelho); notando-se que para o pH a faixa de valores entre 4 e 6 ocasionará a maior remoção.

Já na Figura 4 apresenta-se a remoção percentual de Rodamina B em função do pH e da concentração de corante. Quanto menores forem a concentração de corante e o pH, maior será a remoção percentual. Aqui observa-se um ponto ótimo para a remoção percentual no valor de 20,9 %, quando o pH é igual a 5, e a concentração de corante é de aproximadamente 20 mg/L.

Por fim, na Figura 5, observa-se o comportamento para a remoção percentual em função das concentrações de adsorvente e corante. Como esperado, quanto menor for a concentração de corante e maior for a concentração de adsorvente, maior será a remoção percentual.

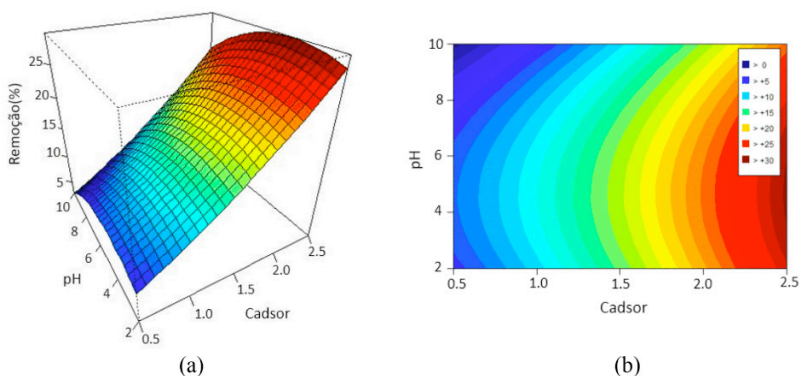


Figura 3 – Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a remoção percentual de Rodamina B (Remoção %) em função do pH e da concentração de adsorvente (Cadsor).

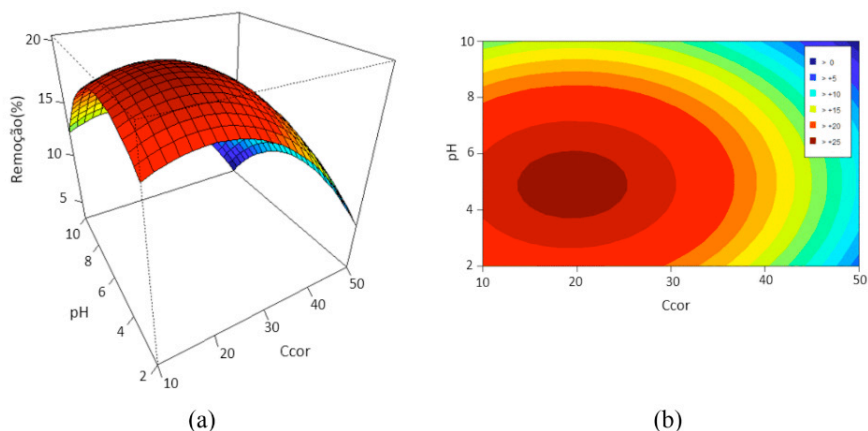


Figura 4 – Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a remoção percentual de Rodamina B (Remoção %) em função do pH e da concentração de corante (Ccor).



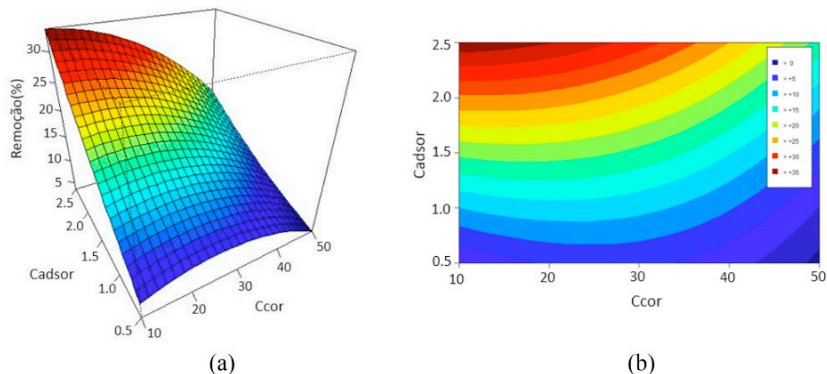


Figura 5 – Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a remoção percentual de Rodamina B (Remoção %) em função da concentração de adsorvente (Cadsor) e da concentração de corante (Ccor).

## 4 | CONCLUSÕES

Os ensaios de adsorção iniciais realizados se mostraram promissores para a remoção percentual de corante, obtendo-se o valor máximo de remoção igual a 28,20% para pH no valor de 4,0, concentração de corante igual a 20 mg/L e concentração de adsorvente igual a 2 g/L.

A análise estatística empreendida demonstrou a não significância para a temperatura que fora excluída de modelo. Observou-se também a não interação entre as variáveis estudadas no processo de remoção.

Verificou-se a grande influência do pH sobre a remoção percentual, sendo que valores ótimos de remoção serão obtidos para valores reduzidos de pH.

Para estudos futuros, recomenda-se, a validação experimental, utilizando-se faixas reduzidas para o pH, tão quanto o aumento da concentração de adsorvente na busca da maximização da remoção percentual do corante estudado.

## REFERÊNCIAS

ABBASI, M.; HABIBI, M. M. Optimization and characterization of Direct Blue 71 removal using nanocomposite of Chitosan-MWCNTs: Central composite design modeling. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 62, p. 112-121, 2016.

AL-MAMUN, M. R. et al. Photocatalytic activity improvement and application of UV-TiO<sub>2</sub> photocatalysis in textile wastewater treatment: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 5, 2019.

ALI, M. E. M. et al. Response surface methodology for optimization of the adsorption capability of ball-milled pomegranate peel for different pollutants. **Journal of Molecular Liquids**, v. 250, p. 433-445, 2018.

ARCHIN, S.; SHARIFI, S. H.; ASADPOUR, G. Optimization and modeling of simultaneous ultrasound-assisted adsorption of binary dyes using activated carbon from tobacco residues: Response surface methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, p. 1-15, 2019.

BELLO, O. S. et al. Rhodamine B dye sequestration using Gmelina aborea leaf powder. **Heliyon**, v. 6, n. 1, p. e02872, 2020.

BILIŃSKA, L. et al. Coupling of electrocoagulation and ozone treatment for textile wastewater reuse. **Chemical Engineering Journal**, v. 358, n. September 2018, p. 992–1001, 2019.

CASTRO, K. C.; COSSOLIN, A. S.; REIS, H. C. O.; MORAIS, E. B. Biosorption of anionic textile dyes from aqueous solution by yeast slurry from brewery. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 60, p. 1–13, 2017.

CINPERI, N. C. et al. Treatment of woolen textile wastewater using membrane bioreactor, nanofiltration and reverse osmosis for reuse in production processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 837–848, 2019.

GILL, P. K.; ARORA, D. S.; CHANDER, M. Biodecolourization of azo and triphenylmethane dyes by *Dichomitus squalens* and *Phlebia* spp. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 201–203, 2002.

GRÖMPING, U. The DoE.wrapper Package (Wrapper package for design of experiments functionality). R package version 0.9. In: R Core Team, 2017.

HUANG, Y. et al. *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*: an acidophile isolated from acid hot spring for the biosorption of heavy metal ions. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 17, n. 5, p. 2655–2666, 2020.

HUI, C. et al. Removal of nitrite from aqueous solution by *Bacillus amyloliquefaciens* biofilm adsorption. **Bioresource Technology**, v. 248, p. 146–152, 2018.

KAUR, P.; KUSHWAHA, J. P.; SANGAL, V. K. Electrocatalytic oxidative treatment of real textile wastewater in continuous reactor: Degradation pathway and disposability study. **Journal of Hazardous Materials**, v. 346, p. 242–252, 2018.

LIMA, S. D. et al. Isolation and characterization of hydrocarbon-degrading bacteria from gas station leaking-contaminated groundwater in the Southern Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 354–361, 2020.

MOHAMMADI, M. et al. Removal of Rhodamine B from aqueous solution using palm shell-based activated carbon: Adsorption and kinetic studies. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 55, n. 12, p. 5777–5785, 2010.

MOUSAVI, S. J. PARVINI, M.; GHORBANI, M. Experimental design data for the zinc ions adsorption based on mesoporous modified chitosan using central composite design method. **Carbohydrate Polymers**, v. 188, p. 197–212, 2018.

NATH, J.; RAY, L. Biosorption of Malachite green from aqueous solution by dry cells of *Bacillus cereus* M116 (MTCC 5521). **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 3, n. 1, p. 386–394, 2015.

- NESTMANN, E. R. et al. Mutagenic activity of Rhodamine dyes and their impurities as detected by mutation induction in *Salmonella* and DNA damage in chinese hamster ovary cells. **Cancer Reserach** v. 39, 1979.
- OTHMAN, A. M.; ELSAYED, M. A.; ELSHAFEI, A. M. HASSAN, M. M. Application of response surface methodology to optimize the extracellular fungal mediated nanosilver green synthesis. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**. v. 15, p. 497-504, 2017.
- OYEKANMI, A. A. et al. Adsorption of Rhodamine B dye from aqueous solution onto acid treated banana peel: Response surface methodology, kinetics and isotherm studies. **PLoS ONE**, v. 14, n. 5, p. 1–20, 2019.
- R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017.
- RAHMAN BHUIYAN, M. A. et al. Scope of reusing and recycling the textile wastewater after treatment with gamma radiation. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3063–3071, 2016.
- RIBEIRO, G. A. C. et al. Removal of Remazol brilliant violet textile dye by adsorption using rice hulls. **Polimeros**, v. 27, n. 1, p. 16–26, 2017.
- RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. R. Planejamento de experimentos e otimização de processos. 2ª. Ed. – Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor. 2009.
- ROTH, J. Working with the qualityTools package. A short introduction. 2016. Disponível em: <<http://www.r-qualitytools.org>>.
- SHEHZADI, M. et al. Enhanced degradation of textile effluent in constructed wetland system using *Typha domingensis* and textile effluent-degrading endophytic bacteria. **Water Research**, v. 58, p. 152–159, 2014.
- SOUZA, F. H. M. et al. Biosorption of Rhodamine B using a low-cost biosorbent prepared from inactivated *Aspergillus oryzae* cells: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 231, n. 5, 2020.
- TAN, D. et al. Rhodamine B induces long nucleoplasmic bridges and other nuclear anomalies in *Allium cepa* root tip cells. **Environmental Science and Pollution Research** p. 3363–3370, 2014.
- TRIPATHY, N. K. et al. Genotoxicity testing of two red dyes in the somatic and germ line cells of *Drosophila*. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, n. 11, p. 923–927, 1995.
- WATHARKAR, A. D. et al. Treatment of textile effluent in a developed phytoreactor with immobilized bacterial augmentation and subsequent toxicity studies on *Etheostoma olmstedii* fish. **Journal of Hazardous Materials**, v. 283, p. 698–704, 2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Acanthamoeba*, ceratite 151

Agentes biológicos 53, 54, 55, 56, 59, 66, 67, 68, 69, 71

Água 2, 8, 17, 25, 37, 46, 54, 74, 75, 81, 84, 85, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 126, 145, 146, 147, 170

Alfavírus 162, 163, 167

Antimicrobiano 7, 26, 95, 98, 99, 100, 103, 127

Arboviroses 162

Áreas preservadas 107, 119, 120

Atividade antifúngica 124, 125, 126, 127, 128

### B

Bactérias 8, 18, 19, 20, 21, 23, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 65, 67, 68, 69, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 96, 97, 98, 99, 103, 104, 109, 136, 137

Bacteriológica 40, 47, 73, 75, 76, 81

Bioaerossóis 53, 54, 55, 56

Bioetanol 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 24

Biofilme 82, 84, 85, 86

Biossorção 82, 84, 85

### C

Carne 36, 37, 39, 43, 85

Concentração fungicida mínima 124, 126, 128

Concentração inibitória mínima 124

Contaminação 7, 8, 17, 18, 19, 25, 27, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 45, 46, 47, 49, 51, 54, 55, 57, 62, 67, 68, 69, 73, 74, 75, 77, 79, 143, 145, 146, 147, 148, 149

Contaminação ambiental 27, 55, 67, 69

Contaminantes 7, 8, 18, 20, 21, 22, 23, 36, 43, 45, 51, 73

Controle microbiológico 7, 18, 20, 22

### D

Dieta saudável 73, 74

### E

Enterobacter 38, 45, 46, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 73, 74

Epidemiologia 149, 162, 165

Extrato vegetal 7

## F

Fatores de risco 151

Feira livre 143

Fermentação 7, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 80

Fungos 21, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 106, 108, 109, 110, 111, 118, 120, 121, 122, 123, 125, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140

## I

Imunologia 130, 150, 162, 170

Indicadores 5, 36, 38, 44, 45, 46, 52, 73, 81, 109

Infecção 95, 104, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 143, 147, 162, 165

Infectados 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 134, 138, 164, 165

## L

Lentes de contato 151, 152, 159, 160, 161

## M

*Manihot esculenta crantz* 2

Mayaro 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Microbiologia 3, 26, 36, 44, 45, 57, 73, 82, 98, 130, 145, 150, 170

Microbiologia de alimentos 36, 44, 45, 73

Microbiológica 1, 6, 37, 43, 44, 68, 73, 74, 80, 81, 125, 148

Microrganismos 4, 27, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 67, 68, 73, 74, 75, 79, 81, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 108, 136, 146, 170

Molho shoyu 1, 2, 3, 4, 5

Multirresistentes 27, 79, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 104

## N

Não infectados 95, 96, 97, 98

## P

Pacientes 78, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 132, 138, 151, 166

Parasitológica 143, 146, 147, 148, 149

## Q

Qualidade 4, 5, 6, 36, 37, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 73, 74, 75, 79, 80, 81, 109, 125,

144, 146, 148, 149, 170

## **R**

Radiação ionizante 27

Remoção de corantes 82

Resíduos de animais 27

## **S**

*Solanum lycopersicum* 143, 144, 145

Solo 10, 27, 106, 107, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123

*Sporothrix brasiliensis* 130, 131, 139, 141, 142

Sucos 73, 74, 75, 77, 80, 81

## **T**

Tomates 143, 144, 145, 146, 147, 148

Tratamento 2, 7, 17, 19, 27, 55, 56, 67, 68, 82, 83, 95, 96, 97, 98, 100, 103, 104, 161

Tucupi preto 1, 2, 3, 4, 5

## **V**

Verduras 45, 46, 47

Vírus 46, 54, 68, 163, 166, 169, 170

## **Z**

Zoospóricos 106, 107, 108, 109, 110, 118, 120, 121, 123

# MICROBIOLOGIA:

## Clínica, Ambiental e Alimentos

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

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

@atenaeditora 

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

# MICROBIOLOGIA:

## Clínica, Ambiental e Alimentos

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

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

[@atenaeditora](#) 

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