

Renata Mendes de Freitas  
(Organizadora)

Ciências Biológicas  
Campo Promissor  
em Pesquisa 2

Atena  
Editora

Ano 2019

Renata Mendes de Freitas  
(Organizadora)

Ciências Biológicas  
Campo Promissor  
em Pesquisa

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
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  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciências biológicas [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 2 / Organizadora Renata Mendes de Freitas. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Biológicas. Campo Promissor em Pesquisa; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-782-6 DOI 10.22533/at.ed.826191311</p> <p>1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Freitas, Renata Mendes de. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 570</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências Biológicas: Campo Promissor em Pesquisa” é uma obra composta de dois volumes que tem como foco principal a discussão científica atual através de trabalhos categorizados e interdisciplinares abordando pesquisas, relatos de casos, resumos ou revisões que transitam nas diversas áreas das Ciências Biológicas.

A grande diversidade de seres vivos e a grande especialização das áreas de estudo da biologia, a tornam uma ciência muito envolvente, que consegue abranger todas as relações interpessoais e uma grande interdisciplinaridade com outras áreas.

O primeiro volume foi organizado com trabalhos e pesquisas que envolvem a área da Saúde em diferentes Instituições de Ensino e Pesquisa do País. Logo, neste volume poderá ser encontrado pesquisas relacionadas a anatomia humana, plantas medicinais, arboviroses, atividades antimicrobianas e antifúngicas, biotecnologia e tópicos relacionados à segurança alimentar e cuidados em saúde. O destaque desse volume é para compostos naturais que podem ser utilizados no combate e controle de diversos microorganismos.

Já o volume dois, é composto por trabalhos que envolvem o Ensino de Ciências e pesquisas científicas em Biologia, tendo destaque os trabalhos relacionados à Ecologia e Conservação ambiental, e também a divulgação da Educação Especial.

A crescente preocupação com o meio ambiente e o consumo sustentável trazem reflexões que atingem nossa fauna e flora; os atuais processos de ensino e aprendizagem oferecem um plano de fundo às discussões referentes ao melhoramento das abordagens educacionais nas diferentes esperas de ensino.

Conteúdos relevantes são, deste modo, apresentados e discutidos com a proposta de fundamentar e apoiar o conhecimento de acadêmicos, mestres e doutores das amplas áreas das Ciências Biológicas.

Renata Mendes de Freitas

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AÇÃO DA LACASE DE <i>TRAMETES</i> <i>sp.</i> NA REMOÇÃO DE TRIMETOPRIMA DE SOLUÇÕES AQUOSAS	
Daniele Maria Zanzarin Elidiane Andressa Rodrigues Alex Graça Contato Tatiane Brugnari Caroline Aparecida Vaz de Araujo Giselle Maria Maciel Rafael Castoldi Rosane Marina Peralta Cristina Giatti Marques de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
A OBJETIFICAÇÃO DOS ANIMAIS NÃO-HUMANOS E O COMÉRCIO ILEGAL DE ANIMAIS SILVESTRES	
Luiza Alves Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E DOCUMENTARIOS NO ENSINO DE ECOLOGIA	
Mychelle de Sousa Fernandes Viturino Willians Bezerra Jefferson Thiago Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>28</b>
AZADIRACHTA INDICA: UM ESTUDO ACERCA DOS ASPECTOS RIQUEZA DE ESPÉCIES E ABUNDÂNCIA RELATIVA NO MUNICÍPIO DE ARAGUATINS-TO	
Gutemberg de Sousa da Conceição Gutemberg Farias de Alencar Jair Cabral Rodrigues Junior Richard Alef Garros da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913114</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
BANCO ESTATÍSTICO: UM JOGO PEDAGÓGICO	
Gesely Rosany Costa Resende	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS NA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	
Juscelina Arcanjo dos Santos Paulo André Trazzi Lucas Fernandes Rocha Fernanda Leite Cunha Dulcinéia de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913116</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>57</b>
CONSTRUÇÃO DE ROTEIROS INTERDISCIPLINARES DE MEDIAÇÃO NO MUSEU DINÂMICO INTERDISCIPLINAR DA UEM	
Rauana Santandes Ana Paula Vidotti Sônia Trannin de Mello	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913117</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>68</b>
DISCUTINDO A INTERDISCIPLINARIDADE EM BIOLOGIA EVOLUTIVA: A IMPORTÂNCIA E OS DESAFIOS	
Thaís Pereira de Oliveira Davi Elisiário Lima Lopes Mônica Aline Parente Melo Maciel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913111</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>73</b>
DESENVOLVIMENTO ASSISTIDO: DA CHOCADÉIRA AO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO	
Kátia Regina Barros da Silva Eric Santos Acioli da Silva Yasmin Guedes de Aguiar Pimentel Karina Dias Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8261913119</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>85</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM ATLAS HISTOLÓGICO VIRTUAL: EXPERIÊNCIAS DE CONSTRUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO DA HISTOLOGIA	
Aline Otero Fernández Santos Mirian Soares de Freitas Nardy Ernani Aloysio Amaral Sarah Alves Auharek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>96</b>
ESTADO DA ARTE NOS ESTUDOS RELACIONADOS À PROBLEMÁTICA DOS TERREMOTOS	
Marcus Vinicius Peralva Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>109</b>
FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE MOSCAS-DAS-FRUTAS DO GÊNERO <i>Anastrepha</i> (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL, PARÁ	
Álvaro Remígio Ayres Elton Lucio de Araujo Elania Clementino Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>118</b>
IDENTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES DAS FOLHAS DE <i>MACHAERIUM ACUTIFOLIUM</i> (PAPILIONOIDEAE-FABACEAE) POR ESPECTOMETRIA DE MASSAS	
Adonias Almeida Carvalho Lucivania Rodrigues dos Santos Renato Pinto de Sousa Jurema Santana de Freitas	

Bruno Quirino Araújo  
Mariana Helena Chaves  
DOI 10.22533/at.ed.82619131113

**CAPÍTULO 14 ..... 130**

IMPORTÂNCIA DE AULAS PRÁTICAS NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DOS ALUNO DO 1º SEMESTRE SOBRE TECIDOS E SISTEMAS DO CORPO HUMANO NA DISCIPLINA DE HISTOLOGIA E EMBRIOLOGIA, NO CURSO DE MEDICINA – UECE

Marcos Vinícios Pitombeira Noronha  
Lucas Pontes Coutinho  
Inácio Gomes de Brito Filho  
Lailton Arruda Barreto Filho  
Patrícia Marçal Da Costa

DOI 10.22533/at.ed.82619131114

**CAPÍTULO 15 ..... 139**

MONITORAMENTO DA INFESTAÇÃO DO *Aedes* spp. NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO NO CAMPUS DE CUIABÁ

Rafael Miranda de Freitas Custódio  
Ricardo Cardoso Adriano  
Rosina Djunko Miyazaki  
Geovanna Fernandes Lopes  
Ingrid Lyne Cândida dos Reis Soares de Abreu  
Jéssica da Silva Gava  
Ana Lucia Maria Ribeiro  
Katia Rayane Souza Santos

DOI 10.22533/at.ed.82619131115

**CAPÍTULO 16 ..... 144**

O USO DE LIVRO PARADIDÁTICO PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DOS CONTEÚDOS, NA DISCIPLINA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA NO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Davi Elisiario Lima Lopes  
Mônica Aline Parente Melo Maciel

DOI 10.22533/at.ed.82619131116

**CAPÍTULO 17 ..... 158**

PLANTAS DO MANGUEZAL: UMA REVISÃO BRASILEIRA

Luzia Abílio da Silva  
Eduarda Santos de Santana  
Thiago Felix da Silva  
Gustavo da Costa Lima  
Gisele Nayara Bezerra da Silva  
Isabel Michely da Silva  
Janayze Suéllen de Lima Mendes Silva  
Willams Alves da Silva  
Keila Tamires da Silva  
Pérola Paloma Silva do Nascimento  
Sônia Pereira Leite  
Roberta Maria Pereira Leite de Lima

DOI 10.22533/at.ed.82619131117

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>168</b>
SINAIS DE HERBIVORIA AFETAM A ESCOLHA DE FOLHAS EM COMUNIDADES TRADICIONAIS?	
Ana Carolina Sabino de Oliveira	
Dauyzio Alves da Silva	
Jefferson Thiago Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>174</b>
UM ESTUDO DE CASO SOBRE A INCLUSÃO DE ALUNOS AUTISTAS EM AULAS DE BIOLOGIA	
Bárbara Machado Duarte	
Vanessa Daiana Pedrancini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>186</b>
VALORIZAÇÃO DA BIOÉTICA COM O USO DE CADÁVARES NO ESTUDO DA ANATOMIA HUMANA	
João Rocha de Lucena Neto	
Rodrigo Montenegro Barreira	
Natália Stefani de Assunção Ferreira	
Fábio Rolim Guimarães	
João Victor Bezerra Diniz	
Ivelise Regina Canito Brasil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>190</b>
INFLUÊNCIA DE FATORES OCEANOGRÁFICOS SOB AS COMUNIDADES DE AVES MARINHAS DA REGIÃO DE VITÓRIA-TRINDADE, BANCO DE ABROLHOS E RESSURGÊNCIA CABO FRIO	
Edison Barbieri	
Larissa Yoshida Roselli	
Jorge Luiz Rodrigues Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>211</b>
VARIAÇÃO SAZONAL DA ASSEMBLEIA DE AVES DA BAÍA DE TRAPANDÉ, CANANÉIA, SP	
Larissa Yoshida Roselli	
Jorge Luiz Rodrigues Filho	
Edison Barbieri	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>223</b>
RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE AVES EM LIMA DUARTE E BOM JARDIM DE MINAS, MINAS GERAIS, BRASIL	
Antônio Carlos Silva Zanzini	
Aloysio Souza de Moura	
Matusalém Miguel	
Felipe Santana Machado	
Marco Aurélio Leite Fontes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82619131123</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>240</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>241</b>

## AÇÃO DA LACASE DE *TRAMETES SP.* NA REMOÇÃO DE TRIMETOPRIMA DE SOLUÇÕES AQUOSAS

### **Daniele Maria Zanzarin**

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas  
Maringá-Paraná

### **Elidiane Andressa Rodrigues**

Universidade Estadual de Maringá, Curso de Bioquímica  
Maringá-Paraná

### **Alex Graça Contato**

Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Programa de Pós-Graduação em Bioquímica  
Ribeirão Preto – São Paulo

### **Tatiane Brugnari**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Ciência e Tecnologia Ambiental  
Curitiba – Paraná

### **Caroline Aparecida Vaz de Araujo**

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas  
Maringá - Paraná

### **Giselle Maria Maciel**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Ciência e Tecnologia Ambiental  
Curitiba - Paraná

### **Rafael Castoldi**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Bioquímica  
Maringá - Paraná

### **Rosane Marina Peralta**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Bioquímica

Maringá - Paraná

### **Cristina Giatti Marques de Souza**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Bioquímica

**RESUMO:** Nas últimas décadas, um grande número de materiais e compostos xenobióticos tem sido liberado no meio ambiente. Estudos relatam a ocorrência de fármacos em águas superficiais, efluentes, lodos de estações de tratamento de esgoto e águas subterrâneas. A presença de fármacos no ambiente deve-se em grande parte à ineficiência dos processos físico-químicos e microbiológicos convencionais. Dos diversos tipos de tratamento, o biológico pode ser uma das alternativas. Dentre os organismos utilizados nos processos de biorremediação, fungos da podridão branca (FPB) da madeira tem se destacado devido à capacidade de produzir enzimas inespecíficas que podem degradar compostos xenobióticos e recalcitrantes. O trimetoprima (TMP) é componente de antibióticos de amplo espectro e é frequentemente encontrado em águas residuais. É mais resistente aos tratamentos biológicos convencionais que o sulfametoxazol. Ambos foram classificados como compostos de alto risco. O estudo avaliou o potencial de aplicação da enzima lacase produzida por *Trametes sp. C3* na redução do antibiótico

trimetoprima (TMP) de soluções aquosas. O fungo foi cultivado em meio de Vogel contendo glicose (1%), com e sem o TMP (5mg/L) durante 8 dias. A maior atividade da lacase (89,8 U/L) foi encontrada no oitavo dia nos cultivos com o fármaco. A redução do antibiótico após o cultivo foi avaliada por espectroscopia UV-vis. No oitavo dia, a redução do TMP foi de 55,08%. O teste de inibição do crescimento bacteriano mostrou que a solução tratada com o fungo permitiu parcialmente o crescimento de *Klebsiella pneumoniae* e *Salmonella enterica* em relação ao controle contendo TMP.

**PALAVRAS-CHAVE:** biodegradação, lacase, fármacos, ecotoxicidade

## ACTION OF LACCASE OF *TRAMETES SP.* IN TRIMETHOPRIM REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS

**ABSTRACT:** In recent decades, a large number of xenobiotic materials and compounds have been released into the environment. Studies report the occurrence of drugs in surface waters, effluents, sewage sludge and groundwater. The presence of drugs in the environment is due to the inefficiency of conventional physicochemical and microbiological processes. Among of the various types of treatments, biological treatment can be one of the alternatives. Among the organisms used in bioremediation processes, white rot fungi (WRF) of wood has been outstanding due to their ability to produce nonspecific enzymes that can degrade xenobiotic and recalcitrant compounds. Trimethoprim (TMP) is a component of broad-spectrum antibiotics and is often found in wastewater. It is more resistant to conventional biological treatments than sulfamethoxazole and both were classified as high risk compounds. The study evaluated the potential of laccase produced by *Trametes sp. C3* in reducing the trimethoprim (TMP) of aqueous solutions. The fungus was grown in Vogel medium containing glucose (1%), with and without TMP (5 mg/L) for 8 days. The highest laccase activity (89.8 U/L) was found on the eighth day in cultures with the drug. Antibiotic reduction after cultivation was evaluated by UV-vis spectroscopy. On the eighth day, the reduction in TMP was 55.08%. The bacterial growth inhibition test showed that the solution treated with the fungus partially allowed the growth of *Klebsiella pneumoniae* and *Salmonella enterica* in relation to the control containing TMP.

**KEYWORDS:** biodegradation, laccase, drugs, ecotoxicity

## 1 | INTRODUÇÃO

Os processos de industrialização e urbanização resultam na geração de grandes quantidades de resíduos e efluentes líquidos ou gasosos responsáveis em parte pela poluição ambiental. A atividade industrial geradora de efluentes pode causar contaminação de solos e águas já que muitos podem conter poluentes com variável toxicidade. Os efluentes industriais líquidos são resultado, muitas vezes, das práticas industriais de fabricação e higiene. Estes efluentes devem ser tratados adequadamente antes de serem descartados ou reutilizados. As águas residuais

não somente têm sua origem da atividade industrial, mas também da atividade doméstica, comercial e hospitalar. Nas últimas décadas a presença de fármacos tem chamado a atenção da comunidade científica e estudos em diferentes países relatam a ocorrência de fármacos em águas superficiais, efluentes, lodos de estações de tratamento de esgoto e águas subterrâneas, com concentrações variando na faixa de ng/L a µg/L (Liu et al., 2011; Silva et al., 2011). Como a produção e o consumo de medicamentos têm aumentado constantemente no mundo todo, a presença destas substâncias tem sido detectada com frequência em ecossistemas aquáticos, representando um problema mundial devido aos efeitos potenciais para a saúde humana e animal e para a dinâmica de ecossistemas. Várias são as formas de tratamento, envolvendo processos físico-químicos e biológicos para a remoção de poluentes das águas residuais e no que diz respeito aos fármacos, para a redução dos mesmos. Também se faz necessário avaliar não somente a eficácia do tratamento de remoção, mas também a capacidade de eliminar a sua atividade biológica uma vez que a entrada contínua pode levar à exposição crônica de baixo nível e acumulação com efeitos negativos potenciais em seres humanos e no ambiente. Os fungos da podridão branca (FPB) têm sido estudados em processos de biorremediação devido à capacidade de degradar uma variedade de compostos xenobióticos e recalcitrantes (Spadaro et al., 1992). Isso é possível graças ao seu sistema enzimático inespecífico formado pelas enzimas extracelulares, lacase, lignina peroxidase e manganês peroxidase, responsáveis pela degradação da lignina. Sabe-se que alguns compostos xenobióticos são estruturalmente semelhantes à molécula de lignina, por isso podem ser usados como substratos dessas enzimas e assim serem degradados. A lista de xenobióticos potencialmente degradáveis inclui corantes, pesticidas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, resíduos industriais, entre outros (Cabana et al., 2007). As enzimas fúngicas, principalmente as lacases, têm despertado interesse por causa das diversas aplicações industriais, como catalisar reações de oxidação de compostos aromáticos, produção de etanol, modificação de fibras da madeira, clareamento e degradação de corantes e remediação de solos e águas contaminados (Moreira Neto, 2006). A principal enzima secretada por estes fungos é a lacase. De acordo com Saito et al. (2003), uma das vantagens associadas às lacases é que não há necessidade de  $H_2O_2$  para oxidar o substrato, uma vez que a enzima utiliza o  $O_2$  como oxidante. As lacases não têm especificidade em relação ao substrato, podendo catalisar a oxidação de estruturas aromáticas (Souza e Rosado, 2009) diferentemente da lignina peroxidase e manganês peroxidase que são dependentes do  $H_2O_2$ .

O trimetoprima (TMP) é um antimicrobiano geralmente empregado de maneira conjunta com o Sulfametoxazol (SMX), e exibe atividade antibacteriana de amplo espectro. Os dois antibióticos foram classificados como compostos de alto risco e de elevada relevância ambiental devido à ocorrência em águas superficiais e ecotoxicidade (Besse & Garric, 2008). Mais da metade do TMP quando ingerido

é eliminada pela urina de forma não metabolizada. Provavelmente em virtude de sua estrutura mais complexa e elevada quantidade eliminada intacta possui uma taxa de remoção menor que a do SMX. Considerando que TMP não é totalmente removido através de tratamentos convencionais, ao redor de 40% apenas (Verlicchi et al., 2012), o tratamento com os FPB garantiria maior remoção prevenindo acúmulo do antibiótico no meio ambiente (Cruz-Marató, 2014). Alguns estudos evidenciam a capacidade das lacases de *Trametes versicolor* em remover fármacos de lodos ativados ou reduzir sua concentração em meios de cultivo ou ainda *in vitro* (Cruz-Marató, 2013). Fungos do gênero *Trametes* são muito estudados devido ao seu potencial na produção de lacase para bioprocessos. Estima-se que o número de espécies de macrofungos é maior que 100.000 e que apenas 15-20% são conhecidas. No Brasil temos cerca de 20.000 espécies de basidiomicetos, a maioria localizada em regiões tropicais e sub-tropicais (Santos-Silva, Aprile & Scudeller, 2005). Neste contexto a avaliação de isolados produtores de enzimas ligninolíticas na remoção de fármacos de soluções aquosas pode levar a descobertas de isolados com grande potencial na aplicação em bioprocessos. Este estudo teve como objetivo avaliar a produção de lacase do isolado de *Trametes* sp C3, em meio contendo o antibiótico TMP e a ação da enzima na remoção deste fármaco da solução, propondo-se desta forma alternativa para o tratamento de águas contaminadas por essas substâncias.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Cultivos

Os cultivos foram realizados em frascos de 125 mL contendo 1% de glicose, 5mg/L de TMP e meio mineral (Vogel, 1956). Os cultivos foram inoculados com 3 discos de micélio ( $\varnothing$  2 cm) e os frascos permaneceram em estufa a 28 °C por 8 dias. O antibiótico foi acrescentado no 2º dia. Meios de cultura sem o fungo foram utilizados como controle abiótico. Para a interrupção, os frascos foram retirados a cada dois dias. O material foi filtrado a vácuo e a biomassa seca até peso constante. O filtrado foi mantido congelado até o uso.

### 2.2 Análises espectrofotométricas:

A atividade da lacase foi determinada utilizando-se ABTS em tampão acetato 50mM, pH 4,5 (Hou et al., 2004). Os açúcares redutores foram estimados pelo método do DNS (Miller, 1959). Todas as absorbâncias foram lidas utilizando espectrofotômetro UV-visível – Shimadzu. A redução do TMP no meio aquoso foi avaliada através dos espectros de absorção do fármaco na faixa de 400-200 nm. A porcentagem de remoção foi calculada tomando como base a absorbância da solução de controle abiótico, comparada à absorbância das soluções tratadas com o fungo, em 202 nm.

## 2.3 Teste de inibição do crescimento microbiano:

O efeito inibitório das amostras foi verificado nas seguintes cepas de bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 700603), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442) e *Salmonella enterica* (ATCC 13076) usando teste de microdiluição em placas de 96 poços. De uma amostra de  $10^8$  UFC/mL de bactérias, retirou-se 0,1 mL e colocou-se em 0,9 mL de salina fisiológica 0,85%. Em cada poço contendo 190  $\mu$ L de amostra do quarto e do oitavo dia de cultivo foi adicionado 10  $\mu$ L de inóculo. Também foram realizados, o controle do meio de cultura com e sem o TMP e o controle de crescimento bacteriano. Como controle positivo foi utilizado o antibiótico Trimetoprima®. As placas de 96 poços foram incubadas por 24 horas em estufa a 35 °C e a leitura óptica realizada em leitor de microplacas a 630 nm.

## 2.4 Teste de biodegradação *in vitro*

A enzima foi produzida em meio de cultivo sem TMP nas condições descritas anteriormente. Após interrupção dos cultivos, a enzima foi concentrada por precipitação com acetona. O material foi centrifugado a 4 °C, por 20 minutos e à 3000 rpm. O sobrenadante foi descartado e o precipitado ressuspenso em água destilada gelada. A atividade do extrato bruto da lacase foi de 846,45 U/L. Uma solução estoque do TMP (100  $\mu$ g/mL) foi preparada solubilizando-se o antibiótico em etanol 90%. Para obtenção das concentrações finais testadas (5  $\mu$ g/mL e 7  $\mu$ g/mL) a solução mãe foi diluída em tampão acetato pH 4,5, 50 mM. Aproximadamente 85 U/L de enzima foram usadas no teste. Como controle negativo, a enzima foi inativada através de fervura durante 5 minutos. O experimento foi realizado em duplicata.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Produção de lacase e redução do TMP no cultivo

O fungo se desenvolveu bem nas condições testadas e os cultivos contendo o fármaco apresentaram melhor produção enzimática do que o cultivo controle (sem TMP). A maior produção da lacase ocorreu no 8º dia (89,8 U/L), sendo duas vezes maior do que no controle e houve indução da produção da lacase pelo TMP (Figura 1).

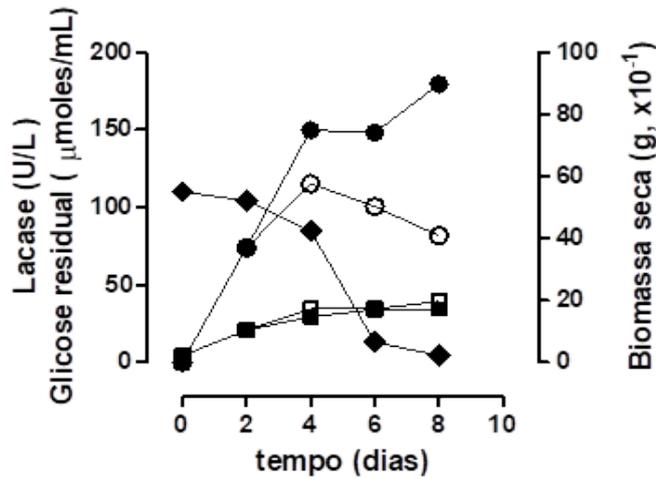


Figura 1: Atividade enzimática da lacase (o, ●); açúcares redutores residuais (◆) e biomassa (■, □) nos cultivos com TMP (símbolos fechados) e cultivos sem TMP (símbolos abertos).

Análises dos espectros de absorção do TMP demonstraram uma pequena redução do fármaco a partir do 4º dia de cultivo, sendo que a maior redução foi encontrada no 8º dia (Figura 2). A quantidade de TMP reduzida nos cultivos no oitavo dia atingiu 55% (Tabela 1).

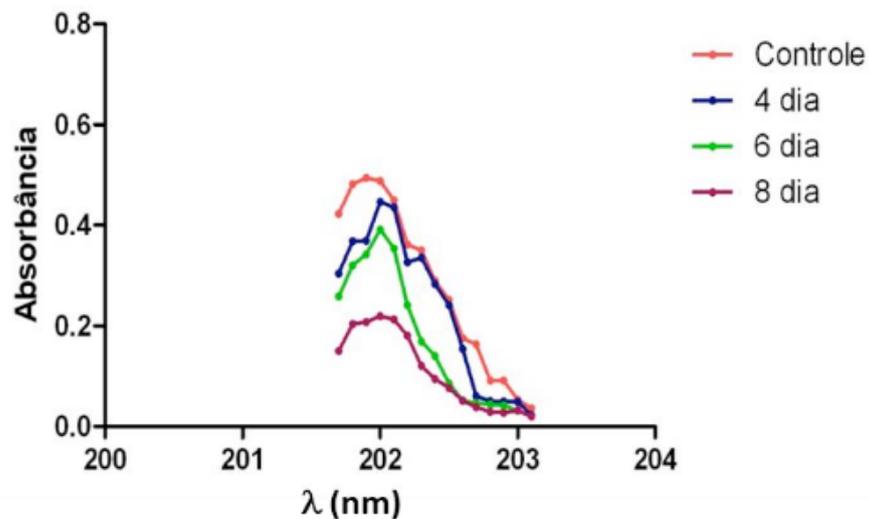


Figura 2: Espectro de absorção do TMP nas culturas de *Trametes* sp. C3. Controle: controle abiótico. Cultivos com o fungo: 4, 6 e 8 dias.

Dias	Redução de TMP (%)	TMP residual (mg/L)
2	0,00	5,00
4	8,51	4,57
6	19,7	4,02
8	55,08	2,25

Tabela 1: Redução do TMP pela lacase nos cultivos de *Trametes* sp. C3

Quando o teste de inibição de crescimento foi realizado usando bactérias Gram-negativas, as amostras do quarto dia, não apresentaram resultados, ou seja, diminuíram o crescimento bacteriano da mesma forma que o controle contendo o TMP na sua concentração inicial do cultivo. Ao contrário deste resultado, as amostras do oitavo dia permitiram que duas das bactérias testadas (*K. pneumoniae*, *S. entérica*) crescessem semelhantemente ao controle sem TMP.

### 3.2 Ação da lacase na biodegradação do fármaco *in vitro*

O processo de adsorção à biomassa fúngica pode levar à redução de xenobióticos em meio aquoso (Maciel et al, 2013). Este aspecto não foi avaliado neste estudo e sim a participação da lacase. A lacase foi produzida em maiores quantidades na presença do fármaco e vários trabalhos apontam para ação das enzimas ligninolíticas na biotransformação de xenobióticos. O teste de biodegradação *in vitro* foi feito para avaliar o potencial de degradação/remoção do fármaco pela ação enzimática. O cálculo da porcentagem de biodegradação do TMP pela enzima foi feito usando o controle negativo (enzima inativada) como referência.

Os resultados mostraram que a atuação *in vitro* da lacase pode ter ocorrido uma vez que houve uma diminuição na concentração do fármaco na solução avaliada, porém em baixas quantidades. Nas duas concentrações avaliadas, 5 e 7 mg/mL, houve uma redução de apenas 6,36 e 6,56% respectivamente (Figura 3). A participação de outras enzimas na degradação do TMP *in vivo* e a adsorção pelo micélio não pode ser descartada sendo que outros estudos são necessários para confirmar esta suposição.

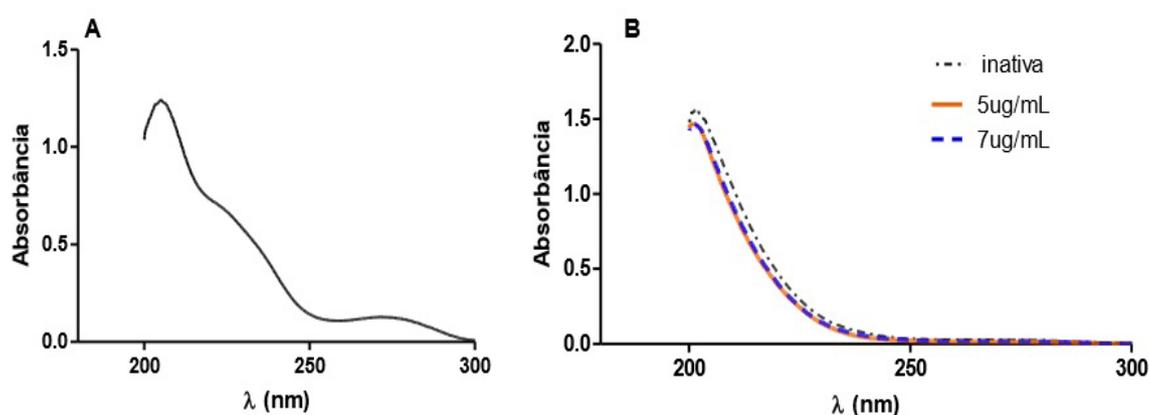


Figura 3: Espectros de absorção do TMP. Em A: solução padrão de TMP. Em B: biodegradação *in vitro* usando lacase bruta em diferentes concentrações de TMP.

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram a capacidade do isolado de *Trametes* sp em remover o fármaco trimetoprima em meio aquoso. O fungo foi capaz de produzir a enzima lacase em maiores quantidades no meio contendo o antibiótico o que

representa uma indução da enzima. Somente a amostra do último dia permitiu o crescimento bacteriano.

## 5 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – código de financiamento 001 e PPG/UEM/CNPq.

## REFERÊNCIAS

BESSE, J.- P.; GARRIC, J. Human pharmaceuticals in surface waters implementation of a prioritization methodology and application to the french situation. **Toxicology Letters**, v. 176, n. 2, p. 104-123, 2008.

CABANA, H.; JONES, J.P.; AGATHOS, S.N. Elimination of endocrine disrupting chemicals using white rot fungi and their lignin modifying enzymes: A review. **Engineering in Life Sciences**, v. 7, n. 5, p. 429-456, 2007.

CRUZ-MARATÓ, C. et al. Degradation of pharmaceuticals in non-sterile urban wastewater by *Trametes versicolor* in a fluidized bed bioreactor. **Water research**, v. 47, n. 14, p. 5200 - 5210, 2013.

CRUZ-MARATÓ, C. Hospital wastewater treatment by fungal bioreactor: Removal efficiency for pharmaceuticals and endocrine disruptor compounds. **Science of the Total Environment**, n. 493, p. 365-376, 2014.

HOU, H. et al. Enhancement of laccase production by *Pleurotus ostreatus* and its use for the decolorization of anthraquinone dye. **Process Biochemistry**, San Diego, v. 30, n. 11, p.1415-1419, 2004.

LIU, S. et al. Trace analysis of 28 steroids in surface water, wastewater and sludge samples by rapid resolution liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v.10, n. 1218, p. 1367-1378, 2011.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MACIEL, G. M. et al. Biosorption of herbicide picloram from aqueous solutions by live and heat-treated biomasses of *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst and *Trametes* sp. **Chemical Engineering Journal**, v. 215, p. 331-338, 2013.

MOREIRA NETO, S. L. **Enzimas ligninolíticas produzidas por *Psilocybe castanella* CCB444 em solo contaminado com hexaclorobenzeno**. 2006. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.

SILVA, B.F. da et al. Occurrence and distribution of pharmaceuticals in surface water, suspended solids and sediments of the Ebro river basin, Spain. **Chemosphere**, v. 85, n. 8, p. 1331-1339, 2011.

SAITO, T. et al. Purification and characterization of an extracellular laccase of a fungus (family Chaetomiaceae) isolated from soil. **Enzyme Microb. Technol.**, v. 33, n. 4 p. 520–526, 2003.

SANTOS-SILVA, E. N. **Meio físico, diversidade biológica e sociocultural do baixo rio Negro**,

**Amazônia Central.** Manaus, Amazonas: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2005.

SOUZA, A. F.; ROSADO, F. R. Utilização de fungos Basidiomicetes em biodegradação de efluentes têxteis. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 2, n. 1, p. 121- 139, 2009.

SPADARO, J. T.; GOLD, M. H.; RENGANATHAN, V. Degradation of azo dyes by the lignin degrading fungus *Phanerochaete chrysosporium*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.58, n.8, p. 2397-2401, 1992.

VERLICCHI, P. Hospital effluent: Investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 430, p. 109-118, 2012.

VOGEL, J. H. A convenient growth medium for *Neurospora crassa*. **Microbial Genetics Bulletin**, Ohio, v. 13, p.42-43, 1956.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**RENATA MENDES DE FREITAS** - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, concluída em 2011; mestrado em Genética e Biotecnologia (2014) também pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). É Doutora em Ciências (2018) pelo Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, na área temática de genética e epidemiologia. Atualmente é professora do ensino a distância na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), no curso de Ciências Biológicas, lecionando a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I (TCC1) e pós-docanda do Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), onde desenvolve projetos de pesquisas relacionados à epidemiologia molecular do câncer de mama e tumores pediátricos, incluindo aconselhamento e rastreamento genético de grupos com predisposição ao câncer hereditário.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Abalos sísmicos 96, 98, 99, 102, 103, 104, 107
- Abundância relativa 28, 29, 30, 31, 37
- Anatomia humana 67, 95, 186, 187, 189
- Animais 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 25, 30, 62, 64, 73, 74, 169, 171, 172, 192, 211, 233
- Antropocentrismo 10
- Atividades biológicas 119, 159, 161, 163, 164, 165
- Aulas práticas 24, 59, 92, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138
- Autismo 175, 176, 178, 184, 185
- Aves marinhas 190, 191, 192, 193, 194, 196, 205, 206, 207, 209, 212, 221, 222
- Avifauna 196, 206, 208, 210, 211, 212, 213, 220, 221, 223, 224, 226, 236, 237, 238, 239

### B

- Biodegradação 2, 5, 7, 9
- Biodiversidade 8, 28, 29, 30, 38, 39, 47, 48, 49, 50, 54, 55, 116, 159, 160, 169, 190, 211, 237
- Biologia evolutiva 68, 69, 70, 71, 144, 145, 146, 148, 150, 151, 153, 155, 156

### C

- Comércio ilegal 10, 13, 14, 15, 20, 21
- Comunidade rural 168, 169

### D

- Desastres naturais 96, 98
- Desenvolvimento embrionário 73, 74, 75, 80, 81, 82, 84
- Divulgação científica 57, 58, 64, 67, 152, 155, 157
- Doenças tropicais 139, 140

### E

- Ecotoxicidade 2, 3
- Educação especial 174, 175, 184
- Educação não formal 57, 58, 63, 64, 66
- Embriologia humana 131
- Ensino de biologia 69, 144, 155, 156, 174
- Ensino de histologia 95, 137
- Espectrometria de massas 118, 120, 123, 127

### F

- Fatores abióticos 109, 110, 111, 112, 116, 192
- Fatores oceanográficos 190, 192
- Flavonóides 120, 162

## **G**

Germoplasma 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

## **I**

Interações ecológicas 24, 168, 172

Interdisciplinaridade 58, 68, 69, 70, 105, 131, 156, 178

## **J**

Jogo pedagógico 40, 44

## **L**

Lacase 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Livro paradidático 144, 146, 147, 148, 151, 153, 155, 156

## **M**

Manguezal 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 172

Material didático 85, 145, 154

Metodologias ativas 23, 27

Micropropagação 47, 51, 52, 54, 55

## **P**

Práticas experimentais 73

Problemas ambientais 23, 24, 25, 26

## **R**

Recursos audiovisuais 23, 177, 185

## **T**

Tefritídeos 109, 110, 113, 115, 116

Terremotos no Brasil 96, 97, 98, 102, 104, 105, 107

## **V**

Variação sazonal 211, 220, 222

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-782-6



9 788572 477826