



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

### **Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da capa**

iStock

### **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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
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  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
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  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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



## Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

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

C569 Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-436-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.365210109>

1. Ciências biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 570

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O livro “Ciências Biológicas: Gênese na formação multidisciplinar” é uma obra focada em discutir a formação e junção do conhecimento de diversas áreas que compõem a grande área das Ciências Biológicas, dando ao leitor uma visão plural e ampla sobre o que é produzido nesta área atualmente. O presente volume abordará em seus dezessete capítulos artigos científicos originais, pesquisas, relatos de casos e revisões. São estudos selecionados e desenvolvidos em reconhecidas instituições de ensino e pesquisa do país.

Dado que as Ciências Biológicas estudam os seres vivos e todas as suas relações entre si e com o meio ambiente, os trabalhos descritos neste livro abordam temas voltados para às ciências da saúde como microbiologia, fisiologia e bioquímica por exemplo, genética e biotecnologia, botânica, meio ambiente, biodiversidade e bioconservação, entre outros. Esta multidisciplinaridade é extremamente importante, pois as pesquisas com diferentes olhares profissionais tendem ter uma visão mais ampla e maior aplicabilidade na vida cotidiana.

O ser humano tende a ter uma visão autocentrada de importância em relação a todos os seres à sua volta e ao ambiente no mundo; no entanto, na prática, tende a ser na maioria das situações destrutivo ou pouco colaborativo, esquecendo que os seres não são isolados – existe uma relação de interdependência entre eles, e tudo que acontece com os seres vivos e com o ambiente também o afeta. Neste sentido, esta obra leva à reflexão da importância de se conhecer e estudar os seres vivos e o ambiente sob diferentes olhares, através de trabalhos de pesquisa de qualidade e com diferentes propósitos.

Acreditamos que esta obra será importante para enriquecer seu conhecimento e mostrar que a ciência é um ambiente democrático e prolífico, que pode ser muito prazeroso de ser visitado. Assim como todas as demais obras da Atena Editora, esta também será revisada por um corpo editorial formado por mestres e doutores, formados nas melhores universidades do Brasil. Esperamos que você nos acompanhe nesta leitura. Bom proveito!


Daniela Reis Joaquim de Freitas

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A COLONIZAÇÃO DA *Pseudomonas aeruginosa* NO APARELHO RESPIRATÓRIO DOS PORTADORES DE FIBROSE CÍSTICA**


Giovana Cardana Siqueira  
André Rafael do Bomfim  
Érika Izadora Soares Lauther  
Ingrid Vitoria Cordeiro da Silveira  
Nathalia Mara Bucco  
Roberta Fernanda Moro  
Luiz Fernando Correa do Nascimento Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101091>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **A IMPORTÂNCIA E O IMPACTO DE AÇÕES DE PROMOÇÃO DA SAÚDE REALIZADAS POR LIGAS ACADÊMICAS NA FORMAÇÃO MÉDICA**


Natália Ferrari  
Thalia Vieira Pires  
Mariana Gomes de Oliveira Santos  
Maria Júlia de Oliveira Dadona  
Karolliny Araújo Faria  
Roane Gabelini Caixeta Vieira  
Fernanda Aparecida Novelli Sanfelice

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101092>

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **A UNIQUE INFAUNAL FORAMINIFERAL SPECIES TOLERANCE IN RECENT AND PAST SEDIMENTS OF THE WESTERN PACIFIC WARM POOL (IODP, WPWP, EXP. 363)**

Patrícia Pinheiro Beck Eichler  
Christofer Paul Barker  
Moab Praxedes Gomes  
Helenice Vital


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101093>

### **CAPÍTULO 4..... 30**

#### **AÇÕES DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE VOLTADAS AO ADOLESCENTE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Maria Aliny Pinto da Cunha  
Elizângela Pereira da Silva Santos  
Aclênia Maria Nascimento Ribeiro  
Maryanne Marques de Sousa  
Daniele Delarmino Sousa e Silva  
Felipe de Sousa Moreiras  
Amanda Patrícia Chaves Ribeiro  
Samara Laís Carvalho Bezerra  
Jardilson Moreira Brilhante


Amália Maria Macêdo de Miranda Almendra  
Luciana Spindola Monteiro Toussaint  
Ravena de Sousa Alencar Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101094>

**CAPÍTULO 5..... 37**

**BENTHIC FORAMINIFERA ASSOCIATED TO THE NORTHEAST COASTAL SHELF OF BRAZIL**

Patrícia Pinheiro Beck Eichler  
Christofer Paul Barker  
Moab Praxedes Gomes  
Helenice Vital

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101095>

**CAPÍTULO 6..... 49**

**BIOAEROSSÓIS: CONTRIBUIÇÃO BIOTÉGICA E IDENTIFICAÇÃO POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS DE *Aspergillus seção Nigri* EM AMOSTRAS DE AR DA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL**


Valter Batista Duo Filho  
Fabio Luiz Teixeira Gonçalves  
Regina Maura de Miranda  
Dulcilena de Matos Castro e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101096>

**CAPÍTULO 7..... 58**

**EXTRATOS AQUOSOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Campomanesia* (MYRTACEAE) AFETA A OVIPOSIÇÃO DE *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)**


Silvana Aparecida de Souza  
Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial  
Mateus Moreno Mareco da Silva  
Eliana Aparecida Ferreira  
Alberto Domingues  
Emerson Machado de Carvalho  
Munir Mauad  
Rosilda Mara Mussury

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101097>

**CAPÍTULO 8..... 68**

**FISIOPATOLOGIAS ASSOCIADAS A OCORRÊNCIA DE MIÍASES HUMANAS**

Débora Gonçalves de Oliveira e Silva  
Vilma Ribeiro de Lima  
Maria Eduarda de Moura Carvalho  
Vanessa Natalia Pereira de Morais  
Thiago José de Souza Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101098>

**CAPÍTULO 9..... 77**

**HUMANIZAÇÃO DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM AO PACIENTE NO CENTRO CIRURGICO**


Joanderson Nunes Cardoso  
Patrícia Silva Mota  
Igor de Alencar Tavares Ribeiro  
Nádia Maria de Oliveira Melo  
Davi Pedro Soares Macêdo  
Juliana Maria da Silva  
Shady Maria Furtado Moreira  
Uilna Natércia Soares Feitosa  
Izadora Soares Pedro Macêdo  
Edglê Pedro de Sousa Filho  
Kamila Oliveira Cardoso Morais  
Maria Solange Cruz Sales de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101099>

**CAPÍTULO 10..... 86**

**LIPASE DE *Candida rugosa* IMOBILIZADA POR LIGAÇÃO COVALENTE: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA TRANSESTERIFICAÇÃO ETANÓLICA DO ÓLEO DE *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)**


Marysa de Kássia Guedes Soares  
Ezequiel Marcelino da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010910>

**CAPÍTULO 11 ..... 108**

**MÉTODO DE CONTROLE LEGISLATIVO DE PRAGAS DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA**


Francisco Roberto de Azevedo  
Lays Laianny Amaro Bezerra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010911>

**CAPÍTULO 12..... 117**

**MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE *Colletotrichum okinawense* DAMM ET TOY. SATO: UM NOVO AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE EM MAMÕES NO BRASIL**


Larisse Raquel Carvalho Dias  
Erasmus Ribeiro Paz Filho  
Leonardo de Jesus Machado Gois de Oliveira  
Ruan Ithalo Ferreira Santos  
Lukas Allayn Diniz Correa  
Jonalda Cristina dos Santos Pereira  
Lorena Rejane Monteiro Farias  
Mônica Shirley Brasil dos Santos e Silva  
Wildinson Carvalho do Rosário  
Cleude Mayara França dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010912>

**CAPÍTULO 13..... 127**

**MYCOBIOTA AND MYCOTOXINS IN CONVENTIONAL AND ORGANIC CROP CORN**


Edlayne Gonçalves  
Christiane Ceriani Aparecido  
Andrea Dantas de Souza  
Joana D'arc Felicio  
Roberto Carlos Felicio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010913>

**CAPÍTULO 14..... 139**

**O BIOMA CERRADO E A CADEIA PRODUTIVA DE ÓLEOS PARA A PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS**


Diego Marques Freitas  
Vanessa de Andrade Royo  
Dario Alves de Oliveira  
Claudio Diniz Pinto Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010914>

**CAPÍTULO 15..... 159**

**POR DENTRO DAS GALHAS: JOGOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**


Reisila Simone Migliorini Mendes  
Gracielle Pereira Pimenta Bragança  
Elaine Cotrim Costa  
Nina de Castro Jorge  
Rosy Mary dos Santos Isaías

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010915>

**CAPÍTULO 16..... 168**

**PREVALÊNCIA DO FENÓTIPO DA CINTURA HIPERTRIGLICERIDÊMICA EM ADOLESCENTES**

Alice de Sá Ferreira  
Malene Lima Gomes Sodrê  
Anne Caroline Silva e Silva  
Carlos Alberto Alves Dias Filho  
Andressa Coelho Ferreira  
Sally Cristina Moutinho Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010916>


**CAPÍTULO 17..... 181**

**TRATAMENTO QUARENTENARIO POR RADIAÇÃO GAMA PARA DIFERENTES FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *Callosobruchus maculatus* EM FEIJÃO *Vigna sinensis***

Valter Arthur  
Lucia da Silva Fontes  
André Ricardo Machi  
Rodrigo Sebastião Rossi Leandro  
Paula Bergamin Arthur

Larissa Nalesso Costa Harder

Marcia Nalesso Costa Harder

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010917>

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 189**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 190**



# CAPÍTULO 10

## LIPASE DE *Candida rugosa* IMOBILIZADA POR LIGAÇÃO COVALENTE: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA TRANSESTERIFICAÇÃO ETANÓLICA DO ÓLEO DE *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 07/08/2021

**Marysa de Kássia Guedes Soares**

Universidade Federal do Tocantins  
Palmas - Tocantins

**Ezequiel Marcelino da Silva**

Universidade Federal do Tocantins  
Gurupi - Tocantins

**RESUMO:** *Jatropha curcas* L. (pinhão manso) é uma planta que possui crescimento rápido e tem sido recomendada para o processamento de biocombustível, sobretudo por suas sementes apresentarem alto teor de óleo (31% a 58%). A via mais empregada para sua obtenção é a transesterificação catalítica alcalina homogênea, entretanto, exige um elevado custo. Uma alternativa que tem despontado é a transesterificação enzimática, que permite altas conversões e a reutilização do biocatalisador imobilizado. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar a lipase de *Candida rugosa*, em sua forma livre e imobilizada em suporte POS-PVA ativada com glutaraldeído e epícloridrina e aplicá-la na transesterificação etanólica do óleo de *Jatropha curcas* L. O óleo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas (densidade, viscosidade cinemática e ponto de fusão) e químicas (índice de acidez, índice de saponificação e índice de peróxido). Para a produção de biodiesel no biorreator tipo cesto foi utilizado lipase imobilizada em

suporte POS-PVA ativado com epícloridrina por apresentar maior tempo de meia-vida, maior atividade relativa no teste de estabilidade quanto ao tempo de incubação e melhores condições operacionais quanto à temperatura. A síntese de biodiesel foi realizada nas condições ótimas para epícloridrina: temperatura de 50°C, pH 8,0 e razão molar óleo/álcool 1:9. O rendimento na produção de biodiesel nessas condições utilizando biorreator tipo cesto foi de 80,86% em massa de óleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lipase, *Jatropha curcas* L., biorreator tipo cesto e biodiesel.

### LIPASE OF *Candida rugosa* IMMOBILIZED BY COVALENT BINDING: CHARACTERIZATION AND APPLICATION IN THE ETHANOLIC TRANSESTERIFICATION OF OIL FROM *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)

**ABSTRACT:** *Jatropha curcas* L. (pinhão manso) is a plant that has rapid growth and has been recommended for the processing of biofuels, mainly for its seeds exhibit a high oil content (31% to 58%). The most used way to obtain it is alkaline homogeneous catalytic transesterification, however, requires a high cost. An alternative that has emerged is the transesterification, which allows high conversions and reuse of immobilized biocatalyst. Thus, the present study aimed to characterize the lipase from *Candida rugosa* in its free form and immobilized on POS-PVA activated support with glutaraldehyde and epichlorohydrin and apply it in ethanolic transesterification of *Jatropha curcas* L. oil. Oil extraction in Soxhlet with hexane was performed as solvent. The oil

was characterized according to their physical chemical properties (density, kinematic viscosity and melting point) and (acid number, saponification and peroxide). For the production of biodiesel in the basket type bioreactor immobilized lipase was used in POS-PVA activated with epichlorohydrin support by presenting a longer half- life, greater activity on the stability test on the incubation time and the best operating conditions for temperature. The synthesis of biodiesel was performed under optimal conditions for epichlorohydrin: 50°C, pH 8.0 and a molar ratio oil/ethanol 1:9. The yield of biodiesel in these conditions using basket type bioreactor was 80.86 % by weight of oil.

**KEYWORDS:** Lipase, *Jatropha curcas L.*, basket type bioreactor and biodiesel.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento econômico é comumente acompanhado por um aumento proporcional no transporte. A alta demanda de energia no mundo industrializado, bem como no setor doméstico, e os problemas de poluição causados devido ao uso generalizado de combustíveis fósseis, torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de fontes de energia renováveis de duração ilimitada e menor impacto ambiental do que a tradicional. Isso tem estimulado o interesse crescente por fontes alternativas aos combustíveis derivados do petróleo. Um combustível alternativo deve ser tecnicamente viável, economicamente competitivo, ambientalmente aceitável, e prontamente disponível. Uma alternativa possível para o combustível fóssil é o uso de óleos de origem vegetal, tal como óleos vegetais e plantas oleaginosas. Este combustível diesel alternativo pode ser denominado como o biodiesel, caracteristicamente sendo biodegradável e não-tóxico e apresentando perfis de emissão poluente reduzida, em comparação com diesel de petróleo. Uso do biodiesel vai permitir o equilíbrio procurado entre o desenvolvimento agrícola, econômico e meio ambiente (SRIVASTAVA; PRASAD, 2000).

Para muitos países em desenvolvimento, a ideia de empregar óleos vegetais como fontes de produção de biodiesel para substituir o diesel pode ser atrativa. Muitas vezes, a cultura da planta apropriada já está bem estabelecida, a extração de óleo bem desenvolvida, manuseamento e armazenamento bem definidos. Além disso, a produção da maior parte dos óleos vegetais possui um balanço energético positivo, bem como a utilização do biodiesel produzido é ambientalmente correta. Os óleos vegetais são pouco afetados por crises de petróleo do mundo e a viabilidade econômica, no entanto, depende de políticas nacionais que estimulem a produção agrícola de plantas oleaginosas bem como incentivos fiscais que favoreçam os custos de produção (SHAY, 1993).

Nas últimas décadas, os combustíveis fósseis, principalmente o gás, o petróleo natural e o carvão têm desempenhado um papel importante como recursos energéticos mais importantes do mundo. No entanto, esses recursos energéticos não são renováveis e são estimados a serem esgotados em um futuro próximo. A situação piorou com o consumo mundial crescente de energia, devido ao rápido crescimento populacional e

desenvolvimento econômico. Portanto, há uma necessidade urgente de encontrar um novo recurso energético, que seja renovável, limpo e ainda economicamente viável em substituição aos combustíveis fósseis atuais. Neste contexto, recentemente, biodiesel derivado de óleo vegetal tem se mostrado uma alternativa potencial para substituir o óleo derivado do petróleo diesel em motores diesel (GUI; LEE, BHATIA, 2008).

Biodiesel (ésteres alquílicos de ácidos graxos) é um combustível diesel alternativo derivado da reação de óleos vegetais ou gorduras com álcool, com ou sem a presença de um biocatalisador. Apesar da invenção do motor movido a óleo vegetal por Rudolf Diesel datada em 1900, a exploração de combustível à base de óleo vegetal, como o biodiesel, só veio à tona em 1980, como resultado de um crescente interesse em fontes de energia renováveis para reduzir gases de efeito estufa e aliviar o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Desde então, o biodiesel tem penetrado lentamente no mercado europeu, especialmente na Alemanha e na França, como uma mistura com o diesel de petróleo. Comercialmente, estas misturas são denominadas como B5, B20 ou B100 para representar a percentagem em volume do componente de biodiesel na mistura com diesel de petróleo como 5, 20 e 100 vol.%, respectivamente (JANAUN, ELLIS, 2010).

Reações de esterificação e transesterificação são atualmente os caminhos de reação mais propícios para a produção de biodiesel. Qualquer tipo de matéria-prima que contém ácidos graxos livres e/ou de triglicerídeos, tais como óleos vegetais, óleos usados na cozinha, gorduras animais e gorduras de resíduos podem ser convertidos em biodiesel. No entanto, os produtos finais devem atender a requisitos de qualidade rigorosos para que possam ser aceitos como biodiesel (EN14214 para padrão europeu; ASTM D6751 para os EUA (HOSSAIN, DAVIES, 2010).

A fim de superar as adversidades do contexto econômico, é fundamental para a indústria de biodiesel melhorar continuamente aspectos que irão fortalecer as perspectivas de melhor penetração no mercado (TAN et al., 2009). Uma das vantagens do biodiesel é que pode ser produzido a partir de uma grande variedade de fontes de óleos vegetais, variando desde óleos vegetais puros até óleos usados em frituras, que por sua vez são ambientalmente poluentes. No entanto, este último contém componentes desfavoráveis, tais como as partículas de ácidos graxos livres e do teor de água, o que exige um processo de pré-tratamento adequado (GUI, LEE, BHATIA, 2008).

Desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pela Resolução nº. 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 26 de outubro de 2009, que aumentou de 4% para 5% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel. A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel ao diesel demonstra o sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e da experiência acumulada pelo Brasil na produção e no uso em larga escala de biocombustíveis. O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma

produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011).

Os catalisadores utilizados para a produção de biodiesel podem ser agrupados em quatro categorias: alcalinos, ácidos, enzimáticos e catalisadores heterogêneos. Lipases (EC 3.1.1.3) são ferramentas poderosas, pois além de catalisar reações de hidrólise também realizam várias reações sintéticas incluindo esterificação, transesterificação e aminólise. Em geral, as lipases desempenham a sua atividade catalítica em condições mais amenas e com uma variedade de substratos, incluindo triglicerídeos, óleos e gorduras com teores elevados de ácidos graxos. Além disso, a separação e a purificação do biodiesel são muito mais fáceis o que resulta num processo menos agressivo ao meio ambiente (GOG, et al. 2012).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Os experimentos foram conduzidos com óleo extraído das sementes de *Jatropha curcas L.* coletadas na Fazenda Experimental do Campus de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins/Brasil. As sementes foram coletadas com plantas de 5 anos de idade. Foram colhidas totalmente maturadas e devidamente secas até o teor de umidade de 10%.

A preparação do suporte foi realizada pelo método sol-gel em matriz híbrida polissiloxano-álcool polivinílico (POS-PVA) de acordo com PAULA et al. (2008). Os reagentes utilizados para síntese do suporte foram tetraetil ortossilicato (TEOS) marca Sigma-Aldrich Chemical Co e álcool polivinílico marca Dinâmica. Para ativação do suporte (ligação covalente) utilizou-se glutaraldeído, marca Sigma-Aldrich Chemical Co e epicloridrina, marca Sigma-Aldrich Chemical. Em ambas metodologias o polietilenoglicol (PEG 1500 marca Synth) também foi utilizado.

Para determinação da atividade enzimática quanto a temperatura e pH ideais foram utilizados goma arábica em pó de árvore de acácia, triton x-100, 4-nitrofenol e palmitato de p-nitrofenila marca Sigma-Aldrich Chemical Co. Foi selecionada para este trabalho a lipase comercialmente disponível obtida de *Candida rugosa* tipo VII adquirida da Sigma-Aldrich® Chemical Co.

### 2.2 Extração do óleo de *Jatropha curcas L.*

As sementes inteiras e o albúmen foram triturados com auxílio de um graal e um pistilo. Aproximadamente 90-100g de sementes de *Jatropha curcas L.* (incluindo albúmen) foram depositadas diretamente no extrator (com algodão no fundo e no topo do extrator) de modo que o mesmo ficasse totalmente imerso no solvente ao longo da extração. Em um balão de 1000 mL colocou-se 300 mL de solvente (hexano) e conectou-se ao extrator. Ligou-se a circulação de água para condensar o solvente evitando que houvesse perda

significativa do solvente. Deixou-se o sistema sobre aquecimento em uma manta sob refluxo contínuo por um período de 2 horas, no qual o hexano evapora e condensa sobre o material sólido contido no cartucho e o soluto vai sendo concentrado no balão. Após este período interrompeu-se a extração precisamente após a câmara de extração esvaziar. Posteriormente, a mistura contida no balão foi conduzida ao evaporador rotativo para remoção do solvente volátil e obtenção do óleo de *Jatropha curcas L.*

### 2.2.1 Tratamento e purificação do óleo bruto de *Jatropha curcas L.*

Centrifugou-se o óleo bruto a uma rotação de 2136xg durante 10 minutos com a finalidade de separar os sólidos em suspensão. Aqueceu-se o óleo a 80°C e posteriormente adicionou-se ácido fosfórico concentrado na proporção de 1% (m/m) relativamente à massa de óleo obtida naquela temperatura. Manteve-se a mistura sob agitação mecânica intensa durante 1 hora e logo após, a mistura foi centrifugada a uma rotação de 2136xg durante 15 minutos com o objetivo de remover as gomas. Após a degomagem neutralizou-se o óleo com solução de NaOH 20% sob agitação mecânica intensa durante 20 minutos a uma temperatura de 65°C. Decorrido esse tempo cessou-se a agitação e a borra foi separada do óleo por meio de centrifugação a uma rotação de 2136xg durante 15 minutos. Após a degomagem e neutralização adicionou-se 15 mL de água destilada (90°C) para cada 100 mL de óleo bruto, sob agitação, com o intuito de remover a borra saponácea. Logo após, resfriou-se a mistura e submeteu-a à separação de fases (aquosa e oleosa) em um funil de separação. Realizou-se lavagens sucessivas até que o pH da fase aquosa atingisse a neutralidade. Em seguida, separou-se a fase oleosa por meio de centrifugação a uma rotação de 2136xg por 15 minutos para que os resíduos aquosos fossem retirados. Finalizando o processo de tratamento e purificação adicionou-se 15g de sulfato de sódio anidro para cada 100g de óleo. Deixou-se a mistura em repouso por 24 horas, após esse período realizou-se uma filtração para separar o óleo do sal. Por último, resfriou-se o óleo, o qual foi devidamente armazenado, lavou-se o óleo com hexano para que pudesse ser utilizado posteriormente (MORETTO et al., 1998).

## 2.3 Determinação da atividade enzimática de lipase com pNPP

Palmitato de *p*-nitrofenila (pNPP) foi dissolvido em isopropanol (0,3 mg/mL), misturou-se 1 mL desse substrato com 9 mL de solução tampão fosfato de sódio 0,05M (pH 7,0) que continha goma arábica (0,1%) e triton X-100 (0,6%). A reação foi conduzida a 30°C, adicionou-se 40 µL de solução enzimática diluída (ou cerca de 20 mg de lipase imobilizada) em 960 µL de solução de substrato, incubando ininterruptamente durante 5 minutos. Para cessar a reação adicionou-se 1mL de solução de bicarbonato de sódio 10% e a medida da densidade óptica foi realizada a 410nm. Uma unidade de atividade enzimática foi determinada como sendo a quantidade de enzima que liberou 1µmol/min de *p*-nitrofenol

conforme as condições de ensaio padrão.

## 2.4 Efeito do pH na atividade enzimática

Para determinar o pH ótimo, o ensaio para a atividade enzimática da lipase (livre e imobilizada) foi realizado a 40°C com soluções tampão variando os valores de pH (4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0) 0,05M. Os ensaios foram conduzidos em triplicata individualmente para cada solução tampão e a atividade enzimática foi determinada conforme o método descrito acima utilizando *p*NPP. Para os valores de pH (4,0; 5,0; 6,0) utilizou-se solução tampão citrato de sódio, para os valores de pH (7,0 e 8,0) utilizou-se solução tampão fosfato de sódio e pH 9,0 solução tampão borato de sódio decahidratado. Foram realizadas curvas de calibração para cada solução tampão utilizando *p*-nitrofenol como padrão.

## 2.5 Efeito da temperatura na atividade enzimática

Para determinar a temperatura ótima, o ensaio da atividade enzimática da lipase (livre e imobilizada) foi realizado com solução tampão 0,05M pH 7,0 variando apenas os valores de temperatura (20, 30, 40, 50, 60 e 70°C). Os ensaios foram conduzidos em triplicata para cada valor de temperatura e a atividade enzimática foi determinada conforme o método descrito acima utilizando *p*NPP.

## 2.6 Ensaio de cinética enzimática

$K_M$  e  $V_{MAX}$  foram determinados pela medida da atividade enzimática utilizando várias concentrações de palmitato de *p*-nitrofenila como substrato. As constantes cinéticas foram calculadas pela equação de Michaelis-Menten e de Lineweaver-Burk.

## 2.7 Estabilidade térmica de lipase imobilizada

Para comparar a estabilidade térmica da lipase (livre e imobilizada) a amostra foi incubada utilizando solução tampão fosfato de sódio 0,05M (pH 7,0) durante 8 horas, utilizando *p*NPP como substrato.

## 2.8 Determinação do tempo de meia-vida e da constante de desativação

A constante de desativação térmica da lipase foi obtida por meio da regressão linear dos dados experimentais calculando-se logaritmo natural das atividades relativas em um determinado espaço de tempo e dividiu-se pela atividade enzimática inicial. A constante de desativação térmica corresponde à inclinação da reta na temperatura em que foi realizado o ensaio e considerou-se o tempo de meia-vida como aquele necessário para reduzir a concentração da enzima à metade.

## 2.9 Preparação do suporte híbrido denPOS-PVA

Misturou-se 50 mL de tetraetilortossilicato, 60 mL de solução de álcool polivinílico 2% (m/v), 50 mL de etanol e 30 gotas de ácido clorídrico concentrado, aqueceu-se a 60°C

durante 40 minutos, sob agitação. Preparou-se o suporte sem a presença de lipase e transferiu-se para uma forma de silicone (23,0 x 9,0 cm) e secou-se à temperatura ambiente até que o material solidificasse completamente. Logo após a secagem, triturou-se o suporte até que o material passasse totalmente em uma peneira padrão série Tyler de 60 mesh e fosse retido em uma peneira padrão série Tyler de 80 mesh (BRUNO et al., 2005).

## 2.10 Ativação do suporte

A ativação do suporte para a imobilização por ligação covalente foi realizada com glutaraldeído (PAULA et al., 2008) e epicloridrina (BRUNO et al., 2005). Ativou-se o suporte com solução de glutaraldeído 2,5% (v/v) em tampão fosfato de sódio pH 8, empregando a proporção de 10 mL de solução para cada grama de suporte, por 1 hora à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi realizado com o agente ativante epicloridrina. Posteriormente à ativação, lavou-se o suporte várias vezes com água destilada, em seguida secou-se o suporte ativado em estufa durante 24 horas a 60°C.

## 2.11 Imobilização de lipase de *Candida rugosa*

Ao suporte ativado adicionou-se hexano em uma proporção sólido: líquido de 1:10 e manteve-se sob agitação mecânica suave por 2 horas. Logo após, decantou-se o suporte e retirou-se o excesso de hexano. Ao suporte adicionou-se polietilenoglicol (PEG 1500) numa relação de 1 g de suporte/100  $\mu$ L de PEG, em conjunto com solução enzimática na proporção de 350 mg de enzima por grama de suporte, durante 24 horas a 4°C. Recuperou-se os derivados imobilizados por centrifugação a 5000 rpm por 5 minutos e, logo em seguida o sistema imobilizado foi lavado com hexano e submetido à evaporação por 24 horas (PAULA et al., 2008).

## 2.12 Produção de biosiesel com lipase de *Candida rugosa*

As reações de transesterificação do óleo de *Jatropha curca* utilizando a lipase de *Candida rugosa* foram conduzidas em biorreator de vidro cilíndrico encamisado com capacidade para um volume de 1000mL, sob agitação mecânica a 400 rpm e por um período máximo de 8 horas. Todos os experimentos foram conduzidos com 520 mL de meio reacional a 50°C. Os meios reacionais eram constituídos de uma mistura de óleo de pinhão manso e etanol em uma proporção molar fixa de 1:9 e foram incubados com a preparação de lipase na forma imobilizada com suporte híbrido de POS-PVA ativado com epicloridrina contendo 500 unidades de atividade enzimática por cada grama de óleo. Um banho termostaticado foi antecipadamente estabilizado e manteve a temperatura reacional constante. As reações foram realizadas em um biorreator esférico de vidro 93 (1000 mL). O sistema imobilizado foi separado do meio reacional por um cesto, confeccionado em aço inox 304, malha 80 mesh.



## 2.13 Concentração dos ácidos graxos no óleo e no biodiesel

A análise de concentração foi realizada por cromatografia gasosa em um cromatógrafo Shimadzu CG 2010 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, EUA), equipado com detector de ionização de chama, injeção bipartida à taxa de 1:50 e coluna capilar SPTM-2560 Supelco, 100m x 0,25mm x 0,20m (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA). A temperatura inicial da coluna foi de 140°C, mantida por 5 minutos, mudando para 240°C com incremento de 4°C, mantida por 30 minutos por um total de 60 minutos. O injetor e o detector foram mantidos à temperatura de 260°C e utilizou-se o hélio como gás eluente. Os ácidos graxos identificados foram comparados aos tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico SupelcoTM37 padrão FAME (ésteres metílicos de ácidos graxos) Mix (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA) e expressos em porcentagem (%) do total de ácidos graxos. Posteriormente foram agrupados em Ácidos Graxos Saturados (AGS), Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM) e Ácidos Graxos Polinsaturados (AGP).

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Rendimento da extração do óleo de *Jatropha curcas L.*

O resultado obtido pelo processo de extração com Soxhlet, empregado para obter o óleo do pinhão manso, foi avaliado em termos de rendimento no qual foi definido como sendo a relação entre a massa de óleo obtida e a massa de semente e albúmen alimentada. O solvente utilizado neste trabalho foi o hexano por ser o solvente orgânico preferencial para processo de extração com Soxhlet, ser o mais seletivo, possuir estreita faixa de ebulição e ser imiscível com a água, o que evita a formação de misturas azeotrópicas (MORETTO, FETT, 1998).

Constatou-se que a média do rendimento do processo empregado foi de 34,49%, sendo este resultado comparável aos citados por vários autores na literatura. O teor médio de óleo obtido foi de 32% para sementes coletadas em Roraima (ROCHA et al., 2012). O teor médio de 31% foi encontrado para sementes coletadas em diversas regiões do Brasil, mas para sementes coletadas no Estado de Minas Gerais houve grande discrepância no teor de óleo com variabilidade de 16 a 45% (FREITAS et al., 2011). Vinte e quatro amostras de *Jatropha curcas L.* da Índia foram analisadas e encontrou-se um teor médio de óleo em sementes de 33%, com uma variação entre 28 e 38,8% (KAUSHIK et al., 2007). Vinte e nove amostras provenientes da Índia também foram avaliadas e obteve-se uma variabilidade no teor de óleo entre 29,85 a 37,05%, com uma média de 33,7% (RAO et al., 2008).

### 3.2 Caracterização físico-química do óleo e biodiesel de *Jatropha curcas L.*

No que se refere à acidez, o óleo de *Jatropha curcas L.* apresentou alta acidez, em média, 9,51 mg KOH/g. Um alto índice de acidez pode ser resultado da presença de compostos com caráter ácido (ácidos graxos livres) que possam ter sido extraídos

juntamente com o óleo. Outra causa para o elevado índice de acidez pode ser a formação de substâncias provenientes da oxidação do óleo em consequência da temperatura elevada no decorrer da extração por Soxhlet (RAMOS et al., 2003). Assim, devido ao alto índice de acidez apresentado pelo óleo utilizado neste trabalho fez-se necessário um pré-tratamento que consistiu em um processo de degomagem seguido de neutralização. Após o pré tratamento, o óleo foi caracterizado antes de ser submetido à reação de transesterificação para a diminuição do teor de ácidos graxos livres. O processo de degomagem mostrou-se eficiente, pois o valor do índice de acidez diminuiu para 0,90 mg KOH/g óleo. Um alto índice de acidez não é considerado frequente nos óleos vegetais, podendo haver diferenciação dependendo do grau de maturação, condições de estocagem das sementes utilizadas na extração do óleo (tempo e temperatura) e condições de armazenamento do óleo (TAN et al., 2010).

O aparecimento de peróxidos no óleo extraído determina que, de algum modo, o óleo sofreu processo oxidativo, pois o valor médio obtido foi de 1,77 meq/Kg. O principal mecanismo que ocasiona a oxidação de óleos e gorduras é a autooxidação, que se fundamenta na degradabilidade dos ácidos graxos por meio de um processo autocatalítico intermediado pelos radicais livres. Os radicais livres são gerados a partir do substrato dando início ao processo oxidativo. Tais radicais são formas ativas de oxigênio e atacam a estrutura dos ácidos graxos insaturados dando início ao processo de deterioração oxidativa (WANASUNDARA, SHAHIDI, 2005). O processo auto-oxidativo acontece essencialmente quando as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio do ar. É uma reação quase espontânea beneficiada pelas temperaturas abaixo de 100°C, incidência de luz e altas concentrações de ligações duplas (SHERWIN, 1978).

Na análise do índice de saponificação o valor obtido foi de 207,01 mg KOH/g óleo bruto e 186,43 mg KOH/g óleo degomado. O valor obtido para o óleo bruto não é propício para a síntese do óleo em biodiesel, dado que um excesso de ácidos graxos livres pode favorecer reações de saponificação concorrendo com a reação de transesterificação. O índice de saponificação obtido evidenciou que o mesmo possui expressivo teor em matéria saponificável. Após o processo de degomagem o índice de saponificação diminuiu (devido ao decréscimo de ácidos graxos livres) tornando este parâmetro dentro da faixa apropriada para a realização da biossíntese. Conforme a normatização britânica, o óleo considerado de primeira qualidade apresenta valores de índice de saponificação na faixa de 177-187 mg KOH/g (FREIRE, 2001). Nos resultados obtidos para o índice de saponificação deste trabalho, observou-se resultados similares aos obtidos por Aminul Islam et al. (2012), estes autores utilizaram sementes de *Jatropha curcas* L. de nove países (MIásia, Bornéu, Índia, Indonésia, África do Sul, Cabo Verde, Tailândia, Filipinas e Vietnã) e foram encontrados valores que variaram entre a faixa de 183,3 – 189,5 mg KOH/g, valendo ressaltar que as amostras de óleo foram obtidas por meio de extrator Soxhlet e solvente hexano assim como neste trabalho.

### 3.3 Temperatura ótima de lipase livre e imobilizada

Para a determinação da temperatura ótima na atividade enzimática da lipase livre foi realizada uma hidrólise do pNPP em temperaturas na faixa de 20 a 70°C (Figura 1). A atividade máxima foi na temperatura de 40°C e apresentou atividade específica de 147,72 U/mg. Observou-se que a enzima livre reduziu bruscamente sua atividade após a temperatura ótima. Na temperatura de 50°C, a atividade enzimática diminuiu 63% em relação à atividade apresentada em 40°C. A redução mais brusca foi de 83% na temperatura de 70°C em relação à máxima atividade encontrada. A enzima imobilizada com glutaraldeído, apresentou melhor capacidade de atuação entre 50 (288,92 U/mg) e 70°C (144,91 U/mg), com atividade máxima em 60°C (330,12 U/mg). A atividade máxima catalítica para enzima imobilizada com epicloridrina ficou em 50°C (298,35 U/mg). Ambas enzimas imobilizadas tiveram sua atividade drasticamente reduzida fora da temperatura ótima. Esses resultados indicam que o processo de imobilização colaborou no propósito de aumentar a temperatura ótima da lipase, o que é muito vantajoso, ao passo que irá permitir condições operacionais em uma faixa mais alta de temperatura. Geralmente, as enzimas após a imobilização em suportes sólidos apresentam um deslocamento da temperatura ótima para valores mais altos, visto que ocorrem interações entre o suporte e a enzima, resultando em uma molécula proteica com estrutura mais rígida, o que confere ao biocatalisador maior termoestabilidade (BALCÃO, PAIVA, MALCATA, 1996).

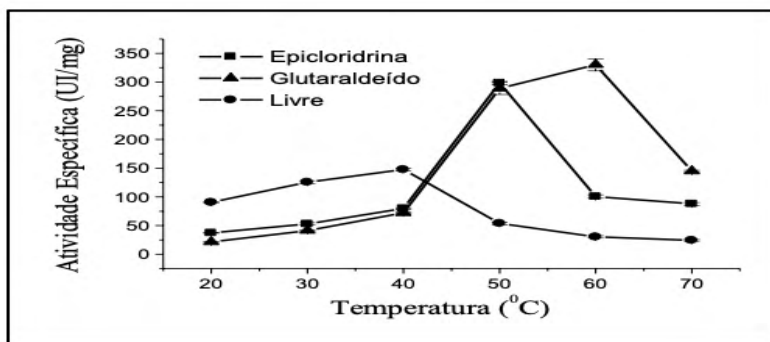


Figura 1- Efeito da temperatura na atividade lipolítica de *Candida rugosa* imobilizada com epicloridrina, glutaraldeído e na forma livre. Ensaios realizados em triplicata.

### 3.4 pH ótimo de lipase livre e imobilizada

A determinação do pH ótimo na atividade enzimática da lipase livre e imobilizada de *Candida rugosa* foi estudada na faixa de 4,0 a 9,0 (Figura 2). A enzima apresentou atividade em uma ampla faixa de pH, alcançando atividade máxima em pH 8,0 (103,29 u/mg) quando imobilizada covalentemente em epicloridrina. Entretanto, em pH 7,0 foi detectada atividade

de 98,53 U/mg sugerindo que a faixa de pH de 7 a 8,0 é a ideal. Entretanto, mesmo em valores extremos como em pH 9,0 foi detectada atividade (34,87 U/mg). A atividade foi extremamente reduzida em pH 4,0 para 10,53 U/mg. Observa-se que o pH ótimo de 8,0 para a enzima livre foi preservado para a lipase imobilizada ativada com epicloridrina. Entretanto, ao utilizar-se o glutaraldeído como agente ativante houve um deslocamento do valor encontrado para a lipase em sua forma livre (pH 8,0) para o valor de pH ótimo 7,0. Verificou-se também que a enzima imobilizada com epicloridrina ou glutaraldeído apresentou atividade enzimática superior à atividade da lipase na forma livre na faixa de pH de 7,0 a 9,0. Geralmente, posteriormente ao processo de imobilização, o pH ótimo para atividade catalítica da lipase mantém-se parcialmente em um pH mais alcalino, visto que o comportamento básico da histidina favorece o ataque nucleofílico da serina (BALCÃO, PAIVA, MALCATA, 1996). Estes grupos tornam-se protonados quando presentes em meio ácido, assim o ataque nucleofílico da serina ao grupo carboxílico do triglicérido (substrato) podendo dificultar a formação do complexo acil-enzima. Os hidrogênios ionizáveis (H<sup>+</sup>) presentes no meio reacional possuem afinidade pelos grupos hidroxilas (OH<sup>-</sup>) presentes na constituição do suporte, resultando em acumulação desses íons (GOLDSTEIN, LEVIN, KATCHALSKI, 1964) o que possivelmente pode afetar a lipase e, por conseguinte, sua faixa de pH ideal para atuação. Entretanto, segundo Pereira, Zanin, e Castro (2003) os próprios grupos carboxílicos presentes na lipase podem também favorecer o acúmulo de hidrogênios ionizáveis. Sabendo-se que a estabilização do microambiente da lipase acontece em pH alcalino, pode ocorrer uma maior redução na concentração de H<sup>+</sup>.

Mudanças no pH ótimo de lipases, posteriormente ao processo de imobilização, também foram observadas por outros pesquisadores. Uma alteração do pH ótimo de 8,0 para 9,0 foi observada ao empregar-se o método de ligação covalente na imobilização da lipase de *Candida rugosa* em suporte constituído por quitosana (CHIOU, WU, 2004). Houve uma diminuição do pH ótimo de 7,0 para 6,5 para lipase de *Candida rugosa* após ter sido imobilizada em Celite (FADILÖGLU, SOYLEMEZ, 1998). Uma elevação do pH ótimo de 7,0 para 8,5 foi observada quando lipase passou pelo processo de imobilização em celulignina e agente ativante metaperiodato de sódio (PEREZ et al., 2007).

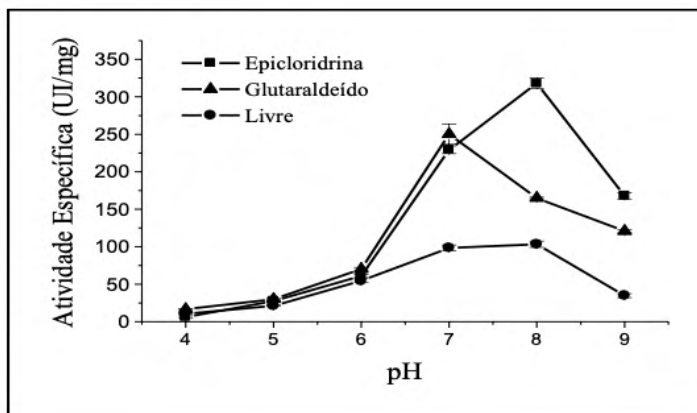


Figura 2 - Efeito do pH na atividade enzimática da lipase imobilizada de *Candida rugosa* e na forma livre. Ensaios realizados em triplicata.

### 3.5 Estabilidade térmica relacionada ao tempo de incubação

Com relação à termoestabilidade, a lipase livre foi submetida à incubação à 40°C durante 8 horas e avaliada de hora em hora quanto à sua atividade enzimática. A enzima manteve 97,41% de sua atividade inicial após 1 hora de incubação e 81,08% após 2 horas de incubação. Decorrido o período de 8 horas a lipase livre manteve apenas 18,12% de sua atividade inicial. Após 6 horas o sistema imobilizado manteve 49,58% e 52,29% de sua atividade inicial, com glutaraldeído e epicloridrina, respectivamente. Estes resultados indicam que a lipase imobilizada apresenta excelente estabilidade térmica quando comparada a sua forma livre, aumentando seu potencial para a utilização em biocatálises. O processo de imobilização confere efeito favorável à estabilidade térmica da enzima devido à interação física e química ocorrida entre o suporte e a enzima. A homogeneidade da enzima no meio reacional é facilitada pela imobilização, fator este fundamental para uma melhor condição operacional das reações enzimáticas (VILLENEUVE et al., 2000).

Lipase de *Rhizopus oryzae* em sua forma livre e após a imobilização em suporte de sílica demonstrou estabilidade térmica semelhante ao encontrado neste trabalho. O processo de imobilização proporcionou um aumento na termoestabilidade da enzima principalmente em temperaturas maiores que 45°C. Observou-se que na temperatura de 60°C, a lipase em sua forma livre, já não possuía nenhuma atividade enzimática. Entretanto, após a imobilização a atividade relativa foi de 80% na temperatura de 60°C após 2 horas de incubação (KHARRAT et al., 2011).

### 3.6 Tempo de meia-vida e da constante de desativação

O tempo de meia-vida encontrado para o sistema imobilizado com epicloridrina corresponde a um aumento na estabilidade térmica de aproximadamente 2 vezes maior

que o encontrado para a enzima em sua forma livre (Tabela 1). Dessa forma é possível inferir que quanto menor for o valor encontrado para a constante de desnaturação maior será o tempo de meia-vida da enzima. A lipase em estudo mostrou-se bem mais estável que a lipase de *Candida rugosa* imobilizada em matriz híbrida de SiO<sub>2</sub>-Quitossana ativada com epicloridrina dos estudos de Simões et al. (2011), que reteve a 50°C, apenas 40% de sua atividade máxima em um tempo de meia-vida de 1,63 horas. Estes mesmos autores encontraram, ao utilizarem o sistema de imobilização com SiO<sub>2</sub>-PVA ativado com glutaraldeído, um tempo de meia-vida de 3 horas, valor este inferior ao obtido para a enzima na forma livre do presente trabalho.

	Lipase livre	Lipase imobilizada com glutaraldeído	Lipase imobilizada com epicloridrina
Temperatura (°C)	40	60	50
K <sub>D</sub> (h <sup>-1</sup> )	0,2126	0,1293	0,1192
t <sub>1/2</sub> (horas)	3,26	5,36	5,81

Tabela 1- Constantes de desativação térmica (KD) e tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>) para lipase livre e imobilizada.

### 3.7 Determinação dos parâmetros cinéticos K<sub>M</sub> E V<sub>MAX</sub>

A influência da concentração do substrato em relação à atividade enzimática foi realizada variando-se a concentração do substrato (pNPP) e mantendo-se a concentração da lipase em 0,03 mg/mL. Com a finalidade de descrever o comportamento cinético da lipase livre de *Candida rugosa*, analisou-se os dados de acordo com a equação de Michaelis-Mentem (HORTON et al., 2002). Foi estimado em 3,74 mM e 434,78 μmol / (mg min) os valores de K<sub>M</sub> e V<sub>MAX</sub> para a enzima livre utilizando como substrato pNPP.

### 3.8 Rendimento da imobilização

A partir da imobilização de lipase de *Candida rugosa* via ligação covalente em suporte POS-PVA ativado por diferentes reagentes (glutaraldeído e epicloridrina) durante 24 horas, estimou-se os parâmetros de imobilização como rendimento em termos de proteína imobilizada, rendimento da imobilização e atividade recuperada (Tabela 2).

Agente ativador	PI (%)	(μg/g)*	η (%)	AR (%)
Glutaraldeído	51,94	164	55,21	12,47
Epicloridrina	75,08	198	73,46	58,15

\* micrograma de proteína imobilizada por grama de suporte

Tabela 2 - Parâmetros de imobilização da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte POS-PVA ativada por diferentes agentes. \* micrograma de proteína imobilizada por grama de suporte.

De posse dos resultados obtidos, foi possível verificar que a ativação do suporte com epicloridrina convergiu em um maior percentual de proteína imobilizada. De acordo com os resultados observou-se que a porcentagem de proteína imobilizada foi maior com o aumento do comprimento da cadeia e do braço espaçador da epicloridrina utilizada para ativação. Esse comportamento pode ser explicado com base nos bloqueios estéricos que possivelmente se formam nas moléculas enzimáticas quando pequenos braços espaçadores são empregados. Consequentemente, as moléculas de lipase serão imobilizadas mais próximas à superfície do suporte, possibilitando assim a atuação de um bloqueio estérico em desfavor da imobilização de outras moléculas de enzima. Portanto, o maior comprimento do braço espaçador induzido pela ativação com epicloridrina admite uma maior quantidade de lipase imobilizada (MENDES et al., 2011).

O comprimento do braço espaçador do agente de ativação também apresentou influência sobre o rendimento de imobilização em termos de atividade. Por conseguinte, os melhores resultados foram obtidos com o agente ativante epicloridrina, indicando que as ligações covalentes multipontuais com a lipase foram estabelecidas em maior número devido aos maiores braços espaçadores, que por sua vez, foram mais eficazes em proporcionar uma estrutura mais rígida à lipase, visto que o sistema imobilizado com este agente ativante foi superior ao glutaraldeído. Outra hipótese está centrada em possíveis distorções sofridas em sua estrutura tridimensional levando a uma conformação menos ativa. Para os dois sistemas de imobilização, a atividade recuperada diminuiu conforme o aumento do conteúdo enzimático imobilizado, ressaltando que esse efeito foi mais intenso para o derivado imobilizado ativado com glutaraldeído. As preparações enzimáticas estão sujeitas a limitações quanto aos fenômenos de transferência de massa e difusão do substrato causadas pela maior quantidade de moléculas proteicas imobilizadas nos poros do suporte (RODRIGUES et al., 2008).

A utilização de aditivos estabilizantes macromoleculares como polietilenoglicol (PEG) e álcool polivinílico durante o processo de imobilização de lipases em meio aquoso propiciou incrementos em sua atividade enzimática. A adição de carboidratos e polissacarídeos não exibiu influência estabilidade significativa em relação a atividade. Estudos relatam que o aditivo estabilizante ao ocupar o sítio ativo da enzima evita que ocorram interações não desejáveis entre a enzima e o suporte prevenindo a sua inativação. Também existem relatos na literatura que aditivos estabilizantes contribuem para que uma camada de água não seja retida ao redor do biocatalisador, mantendo assim sua estrutura nativa em meio orgânico e favorecendo a dispersão das moléculas de enzimas nas preparações para imobilização. Isto previne que aglomerados enzimáticos sejam formados reduzindo a transferência de massa do substrato proporcionando uma melhor difusão por meio da matriz que contém o biocatalisador (HANEFELD, GARDOSSI, MAGNER, 2009; GUNCHEVA et al., 2011).



### 3.9 Produção de biodiesel em biorreator tipo cesto

A lipase de *Candida rugosa* foi utilizada como biocatalisador na reação de transesterificação etanólica do óleo de *Jatropha curcas* L. (durante 8 horas) com o objetivo de determinar o comportamento do aparato experimental proposto para a produção de biodiesel em modo batelada, no biorreator tanque agitado com cesta. No aparato proposto, a enzima ficou confinada em uma cesta com a finalidade de evitar que a vigorosa agitação magnética afetasse as partículas enzimáticas. Esta configuração de biorreator foi adotada neste trabalho por favorecer um maior contato entre os reagentes e o biocatalisador, aumentando assim, a velocidade reacional e a eficiência da transesterificação enzimática. Apresenta ainda a vantagem de o biocatalisador ficar separado do meio reacional, porém permitindo a drenagem do líquido circulante dentro do cesto através da movimentação das aletas.

No biorreator tipo cesta, 350 mL de óleo degomado, na proporção de 1:9 (óleo/álcool) foi submetido à transesterificação enzimática em biorreator tipo cesta resultando em ésteres etílicos. Ao final da transesterificação etanólica percebeu-se o odor característico do etanol presente na mistura, proveniente da adição excessiva de álcool na mistura reacional com o objetivo de aumentar o rendimento da reação. Para agilizar a separação de fases entre o biodiesel e a glicerina removeu-se o excesso de etanol pela técnica de rotaevaporação, que durou cerca de 20 minutos. A separação de fases biodiesel/glicerina pode ser observada em funil de decantação após 1 hora à temperatura ambiente, entretanto deixou-se a mistura em repouso por 24 horas para garantir que ocorresse a completa separação de fases.

O biodiesel obtido foi inodoro, com aspecto translúcido e coloração amarelo palha. Em seguida, o biodiesel, foi pesado, obtendo-se uma massa de 283 g, equivalente a um rendimento de 80,86% em massa. A glicerina, sub-produto da transesterificação, foi medida e obteve-se 42 mL de glicerina, correspondendo a 14,84% em massa de óleo utilizado na reação.

### 3.10 Caracterização da transesterificação enzimática

Óleo de *J. Curcas* L. foi esterificado com metanol e etanol por síntese química e enzimática, respectivamente (Tabela 3). Pode-se observar que os ácidos graxos saturados foram mais transesterificados por lipase de *C. Rugosa* quando comparado com a esterificação química com metanol para análise.

Ésteres de ácidos graxos (%)	Óleo EMAG <sup>a</sup>	Biodiesel EEAG <sup>b</sup>
Saturados	13.8	53.2
Monoinsaturados	84.1	45.6

Table 3 - Composição de EMAG e EEAG

Nota: EMAG – a - Ésteres metílicos de ácidos graxos e b – Ésteres etílicos de ácidos graxos

Os monoinsaturados e poliinsaturados foram menos transesterificados. Como já comentado anteriormente, o principal mecanismo de ação de autooxidação de óleos e gorduras ocorre por intermédio de radicais livres. Eles são gerados nas ligações duplas que existem nos ácidos graxos insaturados e assim prossegue uma degradabilidade do biodiesel (WANASUNDARA, SHAHIDI, 2005). A reação com o oxigênio causa oxidação espontânea pela incidência da luz em temperaturas abaixo de 100°C (SHERWIN, 1978).

Lipases de diferentes fontes de microrganismos apresentam químio-, enantio- e regioseletividade em sua atividade catalítica e essa característica é que conduz na escolha da enzima para um processo industrial, considerando a obtenção de um produto que possa estabelecer maior rendimento de transesterificação de ácidos graxos com etanol ou metanol dentro de um padrão de maior conservação com relação a oxidação espontânea com o tempo de armazenagem (SHERWIN, 1978). De fato, a biossíntese de transesterificação etanólica por lipase de *C. Rugosa* em preferir a maior parte dos ácidos graxos saturados do óleo de *J. Curcas* L. é um bom indício de que o armazenamento do biodiesel será mais efetivo.

### 3.11 Características do biodiesel com a ANP

Análise das características físico-químicas do biodiesel produzido por processo de transesterificação etanólica utilizando lipase imobilizada em POS-PVA usando epicloridrina como braço espaçador conduziu as características físico-química da ANP-Agência Nacional do Petróleo (Tabela 4).

Propriedades físico-químicas	Biodiesel <i>J. curcas</i>	ANP
Densidade a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,827	0,82-0,86
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)	4,57	2,5-5,5
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,34	0,80
Teor de saponificação (ppm Na/g)	5,0	4,5

Tabela 4 - Propriedades físico-químicas do biodiesel comparadas com as regulamentadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) produzido nesta pesquisa

O teor de saponificação do biodiesel indicou um teor pouco mais alto que a ANP, indicando que o processo de degomagem do óleo de *J. Curcas* L. deve compreender maior atenção. O resultado acima do permitido indica que o óleo não foi degomado dentro do parâmetro exigido pela ANP e que esse procedimento deve ser trabalhado com mais

exigências para alcançar os padrões normativos da agência. Por outro lado, podemos compreender pelo valor de rendimento do biodiesel que alguns ácidos graxos insaturados ou poliinsaturados foram hidrolisados pela enzima e não transesterificados pelo etanol presente na reação.

## 4 | CONCLUSÕES

Em relação ao teor de óleo presente nas sementes verificou-se que a média geral encontrada foi de 34,49 %. Ao se comparar os resultados deste trabalho com dados da literatura observaram-se que alguns foram semelhantes, outros não. Tal diferença é resultado de vários fatores que podem influenciar na quantidade e qualidade do óleo, como: o clima em que as plantas foram cultivadas, do recebimento ou não de tratamentos culturais, do período de colheita e estágio de maturação dos frutos, do método utilizado na extração do óleo entre outros. Ao se analisar as características físico-químicas das alíquotas de óleo bruto verificou-se um alto índice de acidez ressaltando a necessidade, em termos dos parâmetros custo-benefício, para produção de biodiesel tratar a matéria-prima oleaginosa pela técnica de degomagem ácida com a finalidade de realizar a neutralização dos ácidos graxos livres e conseqüentemente eliminação dos fosfatídeos hidrofóbicos na borra.

Lipase de *Candida rugosa* marca Sigma-Aldrich® Chemical Co foi imobilizada em suporte híbrido POS-PVA empregando diferentes agentes ativadores como glutaraldeído e epicloridrina por ligação covalente. Após a imobilização foi observada alteração nos parâmetros de pH ótimo e de temperatura ótima para ambas lipases imobilizadas. A enzima imobilizada se mostrou mais estável do que a enzima livre frente a uma faixa maior de pH e temperatura. A imobilização da enzima em POS-PVA ativada tanto com glutaraldeído como com epicloridrina deu importante proteção térmica para a enzima. Preparações imobilizadas por ativação com epicloridrina apresentaram maior concentração de proteína imobilizada e, por conseguinte valores superiores de rendimento de imobilização possivelmente em função das ligações covalentes multipontuais com a lipase terem sido estabelecidas em maior número devido aos maiores braços espaçadores.

O derivado imobilizado de lipase de *Candida rugosa* ativado com epicloridrina foi selecionado para ser usado como biocatalisador na transesterificação etanólica de *Jatropha curcas* L. para obtenção de biodiesel por apresentar maior tempo de meia-vida, maior atividade relativa no teste de estabilidade quanto ao tempo de incubação e melhores condições operacionais quanto à temperatura, visto que se trata de uma transesterificação etanólica e temperaturas mais elevadas podem colaborar com a alta volatilidade do etanol desfavorecendo a formação do produto de reação.

É possível obter biodiesel em biorreatores tipo tanque agitado com cesta a partir de óleo de *Jatropha curcas* L. e etanol, biocatalisado por lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte POS-PVA ativado com epicloridrina. O biodiesel produzido está dentro das

normas estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo no que se refere à densidade, viscosidade, índice de acidez e teor de sabão.

## REFERÊNCIAS

A.M. KLIBANOV., 2001. **Nature**, 409, p. 241.

ADLERCREUTZ, P., 2013. **Immobilization and application of lipases in organic media**. Chemical Society Reviews, 42(15), 6406–6436.

AKBAR E., YAAKOB Z., KAMARUDIN S.K., ISMAIL M., SALIMON J., 2009. **Characteristic and Composition of *Jatropha curcas* L. Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock**. European Journal of Scientific Research, v.29, p. 396-403.

AMINUL ISLAM A.K.M., YAAKOB Z., ANUAR N., PRIMANDARI S.R.P., OSMAN M., 2012. **Physicochemical Properties of *Jatropha curcas* L. Seed Oil from Different Origins and Candidate Plus Plants (CPPs)**. Journal American Chemistry Society, v.89, p.293-300.

ANGELOVA M.B., PASHOVA S.B., SLOKOSKA C., 2000. **Comparison of antioxidant enzyme biosynthesis by free and immobilized *Aspergillus niger* cells**. Enzyme Microb. Technol., 26, 544-549.

BALCÃO V.M., PAIVA A.L., MALCATA F.X., 1996. **Bioreactors with immobilized lipases: state of the art**. Enzyme Microbiology Technology, v.18, p.392–416.

BILGIN, A., GÜLÜM, M., KOYUNCUOĞLU, I., NAC, E., ÇAKMAK, A., 2015. **Determination of transesterification reaction parameters giving the lowest viscosity waste cooking oil biodiesel**. Procedia Soc. Behav. Sci. 195, 2492–2500.

BRUNO L.M.; COELHO J.S.; MELO E.H.M.; LIMA-FILHO J.L., 2005. **Characterization of *Mucor miehei* lipase immobilized on polysiloxane-polyvinyl alcohol magnetic particles**. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v.21, p.189-192.

CAN, O., 2014. **Performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture**. Energy Convers. Manage. 87, 676–686.

CAȘCAVAL D., ONISCU C., GALACTION A.I., 2002. **Biochemical engineering and biotechnology 2. Bioreactors**, InterGlobal, Iași.

CHIOU S.H., WU W.T., 2004. **Immobilization of *Candida rugosa* lipase on chitosan with activation of the hydroxyl groups**. Biomaterials, v.25, p.197-204.

ENDALEW, A.K., KIROS, Y., ZANZI, R., 2011. **Heterogeneous catalysis for biodiesel production from *Jatropha curcas* oil (JCO)**. Energy 36, 2693–2700.

F. BAI, W. YAN, S. ZHANG, D. YU, L. BAI., 2014. **Immobilized lipase of reconstructed oil bodies and its potential application in biodiesel production**. Fuel, 128, pp. 340-346.

- F.I. KHAN, D. LAN, R. DURRANI, W. HUAN, Z. ZHAO, Y. WANG., 2017. **The lid domain in lipases: structural and functional determinant of enzymatic properties.** *Front Bioeng Biotechnol*, 5, 2017, pp. 1-13.
- FADILOGLU S., SOYLEMEZ Z., 1998. **Olive oil hydrolysis by celite-immobilized *Candida rugosa* lipase.** *Journal Agricola Food Chemistry*, v.46, p.3411-3414.
- FREITAS R.G., MISSIO R.F.; MATOS F.S., RESENDE M.D.V., DIAS L.A.S., 2011. **Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production.** *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.1490-1498.
- FREITAS R.G., MISSIO R.F.; MATOS F.S., RESENDE M.D.V., DIAS L.A.S., 2011. **Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production.** *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.1490-1498.
- GAMARRA A., CUEVAS C., LESCANO G., 1986. **Production of ethanol by a stirred catalytic basket reactor with immobilized yeast cells.** *J. Ferm. Tehnol.*, 64, 25-28.
- GOLDSTEIN L, LEVIN Y, KATCHALSKI E., 1964. **A water-insoluble polyanionic derivative of trypsin. ii. effect of the polyelectrolyte carrier on the kinetic behavior of the bound trypsin.** *Biochemistry*.
- GOTO S., SAITO T., 1984. **Liquid–solid mass transfer in basket type three phase reactor.** *J. Chem. Eng. Jpn.*, 14, 324-327.
- GUAN, Q., LI, Y., CHEN, Y., SHI, Y., GU, J., LI, B., MIAO, R., CHEN, Q., NING, P., 2017. **Sulfonated multi-walled carbon nanotubes for biodiesel production through trigly- cerides transesterification.** *RSC Adv.* 7, 7250–7258.
- GUNCHEVA M., TASHEV E., ZHIRYAKOVA D., TOSHEVA T., TZOKOVA N., 2011. **Immobilization of lipase from *Candida rugosa* on novel phosphorous-containing polyurethanes: Application in wax ester synthesis.** *Process Biochemistry*, v. 46, n. 4, p. 923-930.
- H. H. P. YIU AND M. A. KEANE. J., 2012. **Chem. Technol. Biotechnol.** 87, p. 583.
- H. WU, J. ZHANG, Y. LIU, J. ZHENG, Q. WEI. **Biodiesel production from *Jatropha* oil using mesoporous molecular sieves supporting K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> as catalysts for transesterification.** *Fuel Process Technol.*, 119 (2014), pp. 114-120.
- HANEF ELD U., GARDOSSE L., MAGNER E., 2009. **Understanding enzyme immobilisation.** *Chemical Society Reviews*, v.38, p.453-468.
- HORTON H.R., MORAN L.A., OCHS R.S., RAWN J.D., SCRIMGEOUR K G., 2002. **Principles of Biochemistry**, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, EUA.
- I.A. KARTIKA, M. YANI, D. ARIONO, P. EVON, L. RIGAL. **Biodiesel production from *Jatropha* seeds: solvent extraction and in situ transesterification in a single step.** *Fuel*, 106 (2013), pp. 111-117.
- J.A.C. DA SILVA, V.F. SOARES, R. FERNANDEZ-LAFUENTE, R.C. HABERT, D.M.G. FREIRE., 2015. **Enzymatic production and characterization of potential biolubricants from castor bean biodiesel.**

J Mol Catal B Enzym, 122, pp. 323-329.

J.S. MIRANDA, N.C.A. SILVA, J.J. BASSI, M.C.C. CORRADINI, F.A.P. LAGE, D.B. HIRATA, A.A. Mendes., 2014. **Immobilization of Thermomyces lanuginosus lipase on mesoporous poly-hydroxybutyrate particles and application in alkyl esters synthesis: isotherm, thermodynamic and mass transfer studies.** Chem. Eng. J., 251, pp. 392-403.

KAUSHIK N., KUMAR K., KUMAR S., KAUSHIK N., ROY S., 2007. **Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of Jatropha (*Jatropha curcas L.*) accessions.** Biomass and Bioenergy, v.31, p.497-502.

KHARRAT N., ALI Y.B., MARZOUK S., GARGOURI Y., KARRA-CHÂABOUNI M., 2011. **Immobilization of Rhizopus oryzae lipase on silica aerogels by adsorption: Comparison with the free enzyme.** Process Biochemistry, v.46, p.1083-1089.

KOLAGERAKIS N., BEHIE L. A., 1997. **Oxygenation capabilities of basket-type bioreactors for microcarrier cultures of anchorage-dependent cells.** Bioprocess Eng., 17, 151-156.

LUCZKIEWICZ M., KOKOTKIEWICZ A., 2005. **Co-cultures of shoots and hairy roots of Genista tinctoria L. for synthesis and biotransformation of large amounts of phytoestrogens.** Plant Sci., 169, 862-871.

M. KHOOBI, S.F. MOTEVALIZADEH, Z. ASADGOL, H. FOROOTANFAR, A. SHAFIEE, M.A. FARAMARZI., 2014. **Synthesis of functionalized polyethylenimine-grafted mesoporous silica spheres and the effect of side arms on lipase immobilization and application.** Biochem. Eng. J., 88, pp. 131-141.

M.-M. ZHENG, Q. HUANG, F.-H. HUANG, P.-M. GUO, X. XIANG, Q.-C. DENG, W.-L. LI, C.-Y. WAN, C. ZHENG., 2014. **Production of novel “functional oil” rich in diglycerides and phytosterol esters with “one-pot” enzymatic transesterification.** J. Agric. Food Chem., 62, pp. 5142-5148.

MAGNICO P., FONGARLAND P. CFD., 2006. **Simulation of two stirred tank reactors with stationary catalytic basket.** Chem. Eng. Sci., 61, 1217-1236.

MEANWELL R.J.L., SHAMA G., 2008. **Production of streptomycin from chitin using Streptomyces griseus in bioreactors of different configuration.** Bioresource Technol., 99, 5634-5639.

MENDES A.A., GIORDANO R.C., GIORDANO R.D. L.C., DE CASTRO H.F.; 2011. **Immobilization and stabilization of microbial lipases by multipoint covalent attachment on aldehyde-resin affinity: Application of the biocatalysts in biodiesel synthesis.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v.68, p.109-115.

MORETTO E., FETT R., 1998. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais.** Rio de Janeiro, Varela.

MORETTO E., FETT R., 1998. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais.** Rio de Janeiro, Varela.

N. R. MOHAMAD, N. H. MARZUKI, N. A. BUANG, F. HUYOP AND R. A. WAHAB., 2015. **Biotechnology & Biotechnological Equipment 29, 205.**

PAULA A.V., MOREIRA A.B.R., BRAGA L.P., CASTRO H.F., BRUNO L.M., 2008. **Comparação do desempenho da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias.** Química Nova, v.31, p.35-40.

PAULA, A. V.; MOREIRA, A. B. R.; BRAGA, L. P.; BRUNO, L. M.; CASTRO, H. F., 2008. **Comparação do desempenho da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias.** Química Nova, v. 31, n. 1, p. 35-40.

PEREIRA E. B., ZANIN G. M., CASTRO H. F., 2003. **Immobilization and catalytic properties of lipase on chitosan for hydrolysis and esterification reactions.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v.20, p.343-355.

PEREZ V.H., SILVA G.S., GOMES F.M., de CASTRO H.F., 2007. **Influence of the functional activating agent on the biochemical and kinetic properties of *Candida rugosa* lipase immobilized on chemically modified cellulignin.** Biochemical Engineering Journal, v.34, p.13-19.

PITAUULT I., FONGARLAND P., KOEPKE D., MITROVIC M., RONZE D., FORISSIER M., 2007. **Gaz-liquid and liquid-solid mass transfer in two types of stationary catalytic basket laboratory reactor.** Chem. Eng. Sci., 60, 6240-6253.

RAMOS L.P., KUCEK K.T., DOMINGOS A.K., WILHELM H.M., 2003. **Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil.** Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, v.31, p.28-37.

RAO G.R., KORWAR G.R., SHANKER A.K., RAMAKRISHNA Y.S., 2008. **Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* L. accessions.** Trees, v.22, p.697-709.

REDDY, A.N.R., SALEH, A.A., ISLAM, M.S., HAMDAN, S., 2017. **Active razor shell CaO catalyst synthesis for *Jatropha* methyl ester production via optimized two-step transesterification.** J. Chem. 2017, 1–20.

ROCHA R.B., RAMALHO A.R., TEIXEIRA A.L., LAVIOLA B.G., SILVA F.C.G., MILITÃO J.S.L., 2012. **Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão manso.** Pesquisa Agropecuária brasileira, v.47, p.44-50.

RODRIGUES D.S., MENDES A. A., ADRIANO W.S., GONÇALVES L. R.B., GIORDANO R.L.C., 2008. **Multipoint covalent immobilization of microbial lipase on chitosan and agarose activated by different methods.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 51, p.100-109.

S. HAMA, A. KONDO., 2013. **Enzymatic biodiesel production: an overview of potential feedstocks and process development.** Bioresour. Technol., 135, pp. 386-395.

SHEELU G., KAVITHA G., FADNAVIS N.W., 2008. **Efficient immobilization of lecithase in gelatin hydrogel and degumming of rice bran oil using a spinning basket bioreactor.** J. Am. Oil Chem. Soc., 85, 739-748.

SHERWIN E.R., 1978. **Oxidation and antioxidants in fat and oil processing.** Journal American Oil Chemistry Society, v.55, p.809-814.



SIMÕES A.S., MORI R.Y., FARIA R., CASTRO H.F., MENDES A.A. , 2011. **Desempenho da matriz híbrida SiO<sub>2</sub>-quitosana na imobilização da lipase microbiana de *Candida rugosa***. Química Nova, v.34, p.33-38.

SINHA, D., MURUGAVELH, S., 2016. **Biodiesel production from waste cotton seed oil using low cost catalyst: engine performance and emission characteristics**. Perspect. Sci. 8, 237–240.

SUEHARAK.-I.,NAGAMORIE.,HONDAH.,UOZUMIN., 1998. **Development of rotating-mesh basked type bioreactor for carrot embryo production in immobilized callus system**. J. Chem. Eng. Jpn., 31, 613-617.

TESHIMA H., OHASHI Y., 1977. **Particle to liquid mass transfer in a rotating catalytic basket reactor**. J. Chem. Eng. Jpn., 10, 70-72.

VAFAKISH, B., BARARI, M., 2017. **Biodiesel production by transesterification of tallow fat using heterogeneous catalysis**. Kem. Ind. 66, 47–52.

VESCOVI, V., KOPP, W., GUISÁN, J. M., GIORDANO, R. L. C., MENDES, A. A., & TARDIOLI, P. W., 2016. **Improved catalytic properties of *Candida antarctica* lipase B multi-attached on tailor-made hydrophobic silica containing octyl and multifunctional amino-glutaraldehyde spacer arms**. Process Biochemistry, 51(12), 2055–2066.

VILLENEUVE P., MUDERHWA J.M., GRAILLE J., HAAS M.J., 2000. **Customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical and molecular biological approaches**. Journal of molecular catalysis B: Enzymatic, v.9, p.113-148.

VIRGEN-ORTÍZ, J. J., & FERNANDEZ-LAFUENTE, R., 2016. **Stabilization of *Candida antarctica* lipase B (CALB) immobilized on octyl agarose by treatment with polyethyleneimine (PEI)**. Molecules, 21, 751–764.

VIRGEN-ORTÍZ, J. J., TACIAS-PASCACIO, V. G., HIRATA, D. B., TORRESTIANA-SANCHEZ, B., ROSALES-QUINTERO, A., & FERNANDEZ-LAFUENTE, R., 2017. **Relevance of substrates and products on the desorption of lipases physically adsorbed on hydrophobic supports**. Enzyme and Microbial Technology, 96, 30–35.

WANASUNDARA, P.K.P.D.; SHAHIDI, F., 2005. **Antioxidants: Science, Technology, and Applications**. In: SHAHIDI, F. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects*. 6.ed., v.1, cap.11, EUA, Wiley – interscience.

Y. WANG, J. LIU, H. GERKEN, C. ZHANG, Q. HU, Y. LI., 2014. **Highly-efficient enzymatic conversion of crude algal oils into biodiesel**. Bioresour. Technol., 172 pp. 143-149.

Y. YAN, X. LI, G. WANG, X. GUI, G. LI, F. SU, et al., 2014. **Biotechnological preparation of biodiesel and its high-valued derivatives: a review**. Appl Energy, 113, pp. 1614-1631.

ZAKARIA Z., HALL G.M., SHAMA G., 1988. **Lactic acid fermentation of scampi waste in a rotating horizontal bioreactor for chitin recovery**. Process Biochem., 33, 1-6.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adolescentes 6, 9, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 179  
Amostras de ar 49, 51  
Antixenose 59  
Antracnose 117, 118, 119, 120, 122, 124  
Antropometria 168, 170, 179  
Aparelho respiratório 1  
*Aspergillus* 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 103, 127, 128, 131, 132, 133, 135, 137  
Assistência à saúde 10, 82

### B

Barreira fitossanitária 108  
Biodiesel 86, 87, 88, 89, 93, 94, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107  
Bioindicadores (*bioindicators*) 37, 38, 39, 167  
Biomassas 139, 141, 143, 156  
Biorreator tipo cesto 86, 100

### C

*Campomanesia* (Myrtaceae) 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66  
*Carica papaya* 118, 124, 125, 126  
Caruncho 182  
Centro cirúrgico 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85  
Cerrado 139, 140, 141, 142, 143, 147, 149, 150, 153, 155, 156, 157  
Clima (*climate*) 19, 20, 25, 26, 27, 70, 102, 147  
*Cochliomyia hominivorax* 68, 69, 70, 74, 75, 76  
*Colletotrichum okinawense* 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124  
Cosméticos 139, 140, 141, 142, 143, 144, 152, 153, 156

### D

*Dermatobia hominis* 68, 69, 70, 74

### E

Educação em saúde 30, 31, 32, 33, 35, 36, 179, 189  
Ensino de botânica 159, 167  
Ensino de ciências 159

Espectrometria de massas 49, 54, 55

Estudantes de medicina 10, 11, 15, 16

## F

Fibrose cística 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Foraminífera 22, 23, 24, 27, 28, 29, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48

Fungos toxigênicos 128, 137

## H

Humanização 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85

## I

Impacto socioambiental 139

Inseticidas botânicos 59

## J

*Jatropha curcas* L. 86, 87, 89, 90, 93, 94, 100, 102, 103, 104, 105, 106

## L

Leguminosas 182

Lipase 86, 87, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

## M

Metabolismo 63, 108, 114, 161, 168, 169

Micotoxinas 127, 128, 135

## O

Oceanografia (*oceanographic*) 22, 29, 37, 38, 39, 45

Oviposição 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 162

## P

Paleoceanografia (*paleoceanography*) 19, 20, 39, 46

*Plutella xylostella* 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67

Pragas agrícolas 59, 60, 108, 161

Pragas quarentenárias 108, 111, 116

Promoção da saúde 10, 16, 31

*Pseudomonas aeruginosa* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9

## R

Radiação ionizante 113, 181, 182, 183, 184

## T

Triglicerídeos 88, 89, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 176, 177





## V

Valorização da vida 31, 32, 33



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar




-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2021



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2021