

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA BIOMÉDICA



CLAUDIANE AYRES
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA BIOMÉDICA



CLAUDIANE AYRES
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

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
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal 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
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a 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

Conselho Técnico científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lillian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Coleção desafios das engenharias: engenharia biomédica

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizadora: Claudiane Ayres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia biomédica / Organizadora Claudiane Ayres. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-256-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.569211607>

1. Engenharia biomédica. I. Ayres, Claudiane (Organizadora). II. Título.

CDD 610.28

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 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

A Engenharia Biomédica envolve a aplicação de princípios e métodos dos diversos ramos da engenharia que levam ao desenvolvimento, criação e adaptação de diversos instrumentos capazes de auxiliar na compreensão, definição, diagnóstico, monitoração, terapia, recuperação, reabilitação e prevenção de diversas afecções que podem comprometer a vida, atuando com inovação e tecnologia voltadas à área da saúde e biologia.

Trata-se de uma área multidisciplinar que associa conhecimentos de química, biologia, física, informática, entre outras diversas.

Pensando em todas as possibilidades e atualizações que envolvem a área das engenharias, a Atena Editora lança a Coleção “DESAFIOS DAS ENGENHARIAS: ENGENHARIA BIOMEDICA”, que traz 07 artigos capazes de fundamentar e evidenciar a importância dessa área de atuação das engenharias, que objetiva o cuidado, manutenção e valorização da vida.

Convido-te a conhecer as diversas possibilidades que envolvem essa área tão inovadora e abrangente.

Aproveite a leitura!

Claudiane Ayres

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

LABOR CONDITIONS OF INFORMAL MINING AND ITS RELATIONSHIP WITH LATUBERCULOSIS AND SILICOSIS SUFFERED BY WORKERS IN THE MINING ZONE OF OTOCA - LUCANAS -AYACUCHO - 2014

Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez

Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Omar Michael Hernández García

Aníbal Bacilio Hernández García

Walter Merma Cruz

Edward Paul Sueros Ticona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116071>

CAPÍTULO 2..... 14

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA ÁRVORE BRÔNQUICA DO *GRACILINANUS AGILIS*


João Pedro Alves de Araújo

Mariane Ferracin Martucci Perandr 

Ana Flávia de Carvalho

Ricardo Alexandre Rosa

Celina Almeida Furlanetto Man anares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116072>

CAPÍTULO 3..... 25

EXTRAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE GENIPINA A PARTIR DOS FRUTOS VERDES DE GENIPA AMERICANA L

Bruna de Freitas Leite

Rafael Braga da Cunha


João Emídio da Silva Neto

José Filipe Bacalhau Rodrigues

Maria Roberta de Oliveira Pinto

Solomon Kweku Sagoe Amoah

Marcus Vinicius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116073>

CAPÍTULO 4..... 34

PROSPECÇÃO *IN SILICO* DE ENZIMAS DO COMPLEXO LIGNINOCELULOL TICO EM *BACILLUS THURINGIENSIS*

Dimitri Sokolowskei

Edvar Carneiro Silva Junior

Paulo Roberto Martins Queiroz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116074>


CAPÍTULO 5..... 50

REVISÃO DAS ROTAS DE POLIMERIZAÇÃO DO ÁCIDO LÁCTICO FACTÍVEIS PARA O

PREPARO DE MATERIAIS ÚTEIS PARA APLICAÇÕES EM MEDICINA REGENERATIVA

Aghata Rodrigues Souza

Carolina Cruz Ferreira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116075>

CAPÍTULO 6..... 62

SUBSTITUTOS TISSULARES APLICADO AO TECIDO ÓSSEO

Luciana Pastena Giorno

Arnaldo Rodrigues Santos Jr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116076>


CAPÍTULO 7..... 88

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SÍNTESE NA MORFOLOGIA E PUREZA DA HAP OBTIDA VIA REAÇÃO DE COMBUSTÃO

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damiano Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116077>

SOBRE A ORGANIZADORA 97

ÍNDICE REMISSIVO..... 98

EXTRAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE GENIPINA A PARTIR DOS FRUTOS VERDES DE GENIPA AMERICANA L

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/05/2021

Marcus Vinicius Lia Fook

Dep. De Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4149843752530120>

Bruna de Freitas Leite

Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3594950981664430>

Rafael Braga da Cunha

Dep. De Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2866448066348667>

João Emídio da Silva Neto

Dep. De Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5378979151011506>

José Filipe Bacalhau Rodrigues

Dep. De Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4896638137311286>

Maria Roberta de Oliveira Pinto

Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9225790526299506>

Solomon Kweku Sagoe Amoah

Dep. De Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande (PB), Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6445921030833387>

RESUMO: A genipina é uma substância incolor encontrada nos frutos de Jenipapo (*Genipa americana* Linnaeus) que, espontaneamente, reage com grupos aminos em presença de oxigênio formando um pigmento de coloração que pode variar do violeta ao azul escuro. Na forma não reagida, ela apresenta propriedades de agente natural de ativação ou reticulante, podendo associar-se covalentemente a diferentes materiais para aumentar sua estabilidade química e física, além de possibilitar a ocorrência de reações biofuncionais. No entanto, o preço elevado do padrão em pó desta substância dificulta os estudos de sua aplicação e, desta forma, surge a necessidade de extrair e purificar a genipina por meio de ensaios laboratoriais de modo a se obter uma melhor relação custo-benefício. Portanto, o objetivo deste trabalho foi promover a extração e purificação de genipina na forma sólida a partir de frutos verdes de Jenipapo (*Genipa americana* L.). Os frutos foram obtidos em um sítio localizado na Ilha de Itamaracá – PE. Para o preparo do extrato, três frutos verdes de tamanhos e pesos semelhantes, foram cortados ao meio e despulpados. O endocarpo e as sementes foram pesados juntos (200 g). A obtenção do produto com a maior qualidade foi alcançada pela extração líquida da polpa com clorofórmio em proporção 2:1 solvente/matriz,

seguida da precipitação e purificação com diclorometano. Amostra de genipina purificada e padrão comercial foram analisados e comparados por meio de cromatografia de camada delgada (CCD), espectrometria de massas (MS) e Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Também foi realizada a quantificação por análise gravimétrica da genipina. De acordo com os resultados, a genipina extraída e purificada dos frutos de Jenipapo apresentou fragmentos de massa e bandas de vibração de infravermelho semelhantes ao do padrão comercial. Logo, foi possível obter a genipina com alto grau de pureza.

PALAVRAS-CHAVE: Genipina, *Genipa americana* Linnaeus, Frutos verdes de Jenipapo.

GENIPINE EXTRACTION, IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION FROM UNRIPE FRUITS OF AMERICAN GENIPA L.

ABSTRACT: Genipin is a colorless substance found in the fruits of Jenipapo (*Genipa americana* Linnaeus) that spontaneously reacts with amino groups in the presence of oxygen to form a coloring pigment which can range from violet to dark blue. In the unreacted form, it has properties of a natural activating or cross-linking agent, and can be covalently associated with different materials to increase its chemical and physical stability, in addition to allowing the occurrence of biofunctional reactions. However, the high price of the powdered standard of this substance makes studies of its application difficult and, thus, the need arises to extract and purify genipin through laboratory tests in order to obtain a better cost-benefit ratio. Therefore, the objective of this work was to promote the extraction and purification of genipin in solid form from green fruits of Jenipapo (*Genipa americana* L.). The fruits were obtained from a farm located on the Island of Itamaracá - PE. To prepare the extract, three green fruits of similar sizes and weights were cut in half and pulped. The endocarp and seeds were weighed together (200 g). The acquisition of the product with the highest quality was achieved by liquid extraction of the pulp with chloroform in a 2: 1 solvent / matrix ratio, followed by precipitation and purification with dichloromethane. Sample of purified genipin and commercial standard were analyzed and compared using thin layer chromatography (CCD), mass spectrometry (MS) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Quantification was also performed by gravimetric analysis of genipin. According to the results, the genipin extracted and purified from Jenipapo fruits showed fragments of mass and infrared vibration bands similar to the commercial standard. Therefore, it was possible to obtain genipin with a high degree of purity.

KEYWORDS: Genipine, *Genipa americana* Linnaeus, Unripe fruits of Jenipapo.

1 | INTRODUÇÃO

O Jenipapo (do tupi-guarani “fruto que serve para pintar”) é o fruto do jenipapeiro, árvore da espécie *Genipa americana* Linnaeus originária do noroeste da América do Sul e distribuída de norte a sul do Brasil. Durante a fase imatura, o pH do fruto e o contato com o oxigênio possibilitam a reação de um metabólito secundário do tipo iridoide (o Metil (1S,2R,6S)-2-hidroxi-9-(hidroximetil)-3-oxabicyclo[4.3.0]nona-4,8-dieno-5-carboxilato, comercialmente conhecido como genipina) com grupos amino presentes em sua constituição, formando um pigmento azul. (Bentes, 2014; Bentes et al., 2015; Silva et al.,

2016; Neves et al., 2017; Neves et al., 2018; Neves; Meireles, 2018).

De forma geral, existem três métodos conhecidos para a extração da genipina, são eles: hidrólise enzimática, solventes e ultrassom. É possível notar que até o ano de 2011 as extrações de genipina eram realizadas somente com solventes (Djerassi et al. 1960; Zhou et al. 2005; Wang et al. 2011). Pesquisas têm mostrado que a utilização de solventes pode ser combinada com outros métodos, o que simplifica e barateia o método extrativo por solvente quando comparado a outras metodologias de extração (Yang et al. 2011; Wang et al. 2012; Winotapun et al. 2013; Dong et al. 2014; Zhu et al. 2015).

Na maioria dos vegetais, a genipina pode ser encontrada naturalmente. A escolha do vegetal vai ser influenciada principalmente pela composição percentual de genipina presente no fruto e pela disponibilidade. Por exemplo, no fruto da gardênia, encontrada principalmente na Ásia, o percentual de genipina é de 0,17 %, enquanto no jenipapo pode chegar a 3 % (Djerassi et al. 1960; Ramos-de-la-Peña et al. 2016).

Cada método apresenta sua extração visando à obtenção de um produto específico para a aplicação posterior, e por isso, podem apresentar características inviáveis para este trabalho, cujo intuito é a obtenção do sólido puro. É importante destacar os cuidados na escolha do agente extrator para que não haja riscos de contaminação do sólido extraído, como também na elaboração de um sistema com no mínimo 2 fases, para que se possa realizar a separação da genipina e do geniposídeo desde a extração (Zhu et al., 2015; Bellé, 2017).

A genipina apresenta atividade contra danos por oxidação e trombose, antimicrobiana, anti-inflamatória, protege o hipocampo dos neurônios, doenças hepáticas e diabetes, e gera corantes estáveis para indústria têxtil e alimentícia (*CHRONOPOULOU et al., 2018; SUN et al., 2018*). Além disso, é um agente natural de ativação ou reticulante, que pode ser associada covalentemente a diversos materiais para elevar sua estabilidade física e química e prover a possibilidade de reações biofuncionais, sendo empregada na imobilização de enzimas, liberação gradativa de fármacos, bioadesivos na constituição de próteses para aumentar a resistência mecânica de ossos e cartilagens, nos tratamentos de ferimentos cutâneos, etc. (Velásquez; Rivas; Ocanto, 2014; Ramos-de-La-Peña et al., 2016; Bellé, 2017; Neves; Meireles, 2018).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo extração da genipina sólida a partir do endocarpo e das sementes de frutos verdes de Jenipapo armazenados sob congelamento e análise de sua identidade, pureza e rendimento. A metodologia aplicada será baseada na adaptação do trabalho de Velásquez et al. (2014).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos verdes de Jenipapo (*Genipa americana* L.) foram obtidos em um sítio localizado na Ilha de Itamaracá – PE. Os reagentes utilizados na extração foram: HCl (37%;

Neon); Acetona P.A. (P.A.; Dinâmica); n-Hexano (95%; Dinâmica); Clorofórmio (99,8%; Neon); Diclorometano (99,5%; Vetec); Acetato de Etila (P.A.; Química Moderna).

O processo de extração da genipina dos frutos verdes de *Genipa americana* L. ocorreu de acordo com as etapas ilustradas pela Fig. 1.

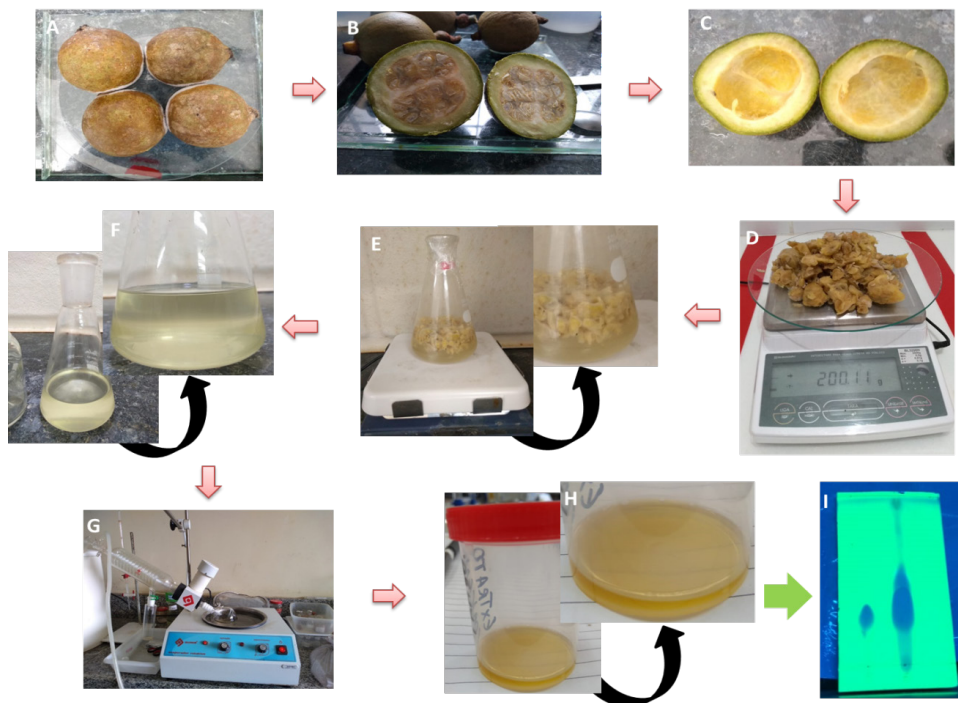


Figura 1. Fluxograma de extração da genipina.

Fonte: Própria.

Três frutos verdes, de tamanhos e pesos semelhantes, foram cortados ao meio e despolpados. O endocarpo e as sementes foram misturados para serem pesados (amostra com 200g). A amostra da polpa pesada foi então colocada em um béquer de plástico, onde foi acidificada. Em seguida, foi acrescido 400 mL de clorofórmio à mistura, com maceração contínua até que as sementes estivessem o mais separadas possível da polpa. Esta foi então colocada sob agitação moderada por um tempo total de 2h e 30min.

A amostra foi então filtrada por gravidade com papel de filtro qualitativo e o extrato foi armazenado e colocado sob refrigeração até o momento da evaporação do solvente.

O extrato foi concentrado por meio da remoção do solvente em um rotaevaporador à temperatura ambiente por 2 horas. O líquido resultante (cor de mel, odor agudo de jenipapo e consistência oleaginosa) foi armazenado em um frasco coletor com tampa e colocado sob refrigeração até a etapa de precipitação. Antes de realizar o procedimento de precipitação

da substância, uma CCD do extrato foi realizada para confirmação de sua presença.

- Purificação da genipina sólida

Ao extrato foi adicionado algumas gotas de acetona P.A. para induzir a precipitação da genipina, seguida da mistura com n-hexano e filtrado a vácuo. O procedimento foi repetido no filtrado e ambos os sólidos retidos foram misturados. Uma pequena quantidade de amostra foi retirada e uma nova CCD realizada para mapear a remoção das impurezas.

O sólido foi raspado do papel de filtro e colocado em um novo frasco coletor, onde foi misturado ao diclorometano. Um banho-maria foi preparado e o frasco foi submetido à aquecimento brando (~ 70°C). Uma vez solubilizado por completo o sólido no solvente, o frasco foi colocado em um banho de gelo até total precipitação da genipina. Realizou-se então uma filtração a vácuo e o resíduo resultante foi armazenado em novo frasco coletor. A Fig.2 representa o fluxograma de recuperação da genipina.

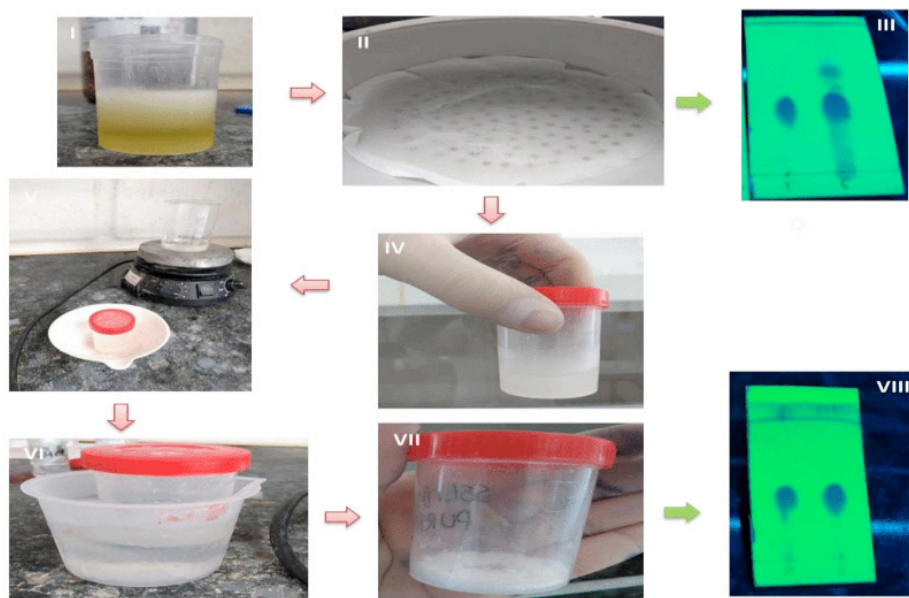


Figura 2. Fluxograma de recuperação da genipina.

Fonte: Própria.

O extrato obtido foi submetido a cromatografia em camada delgada (CCD), comparado-o com a genipina comercial. Quantificação da genipina extraído foi por análise gravimétrica. Um Espectrômetro de Massa da Perkin-Elmer modelo AxION 2 TOF foi utilizada para verificar a massa molar da genipina comercial e o sólido obtido do processo extrativo. Além disso, ambas foram avaliadas por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cromatografia em camada delgada (CCD)

Por CCD, foi observado grande quantidade de genipina - fato reforçado pelo fator de retenção (RF) do padrão, no entanto, ainda foi observado a presença de impurezas ou outras substâncias na amostra extraída. Neste sentido, a produto extraído foi submetido a purificação como descrita na metodologia. Após a purificação, foi observado que o sólido branco obtido demonstrou excelente correspondência com o padrão e ausência de impurezas ou outras substâncias.

3.2 Quantificação da genipina

A massa média do frasco foi de 5,2602g e o conjunto (massa do frasco e a genipina) pesou 5,4475g. Logo a massa de genipina obtida foi de:

$$M_{\text{genipina}} = 5,4475\text{g} - 5,2602\text{g} = 0,1873\text{g}$$

O rendimento em massa da extração é dado por:

$$R(\%) = (M_{\text{genipina}} / M_{\text{polpa}}) * 100 = (0,1873\text{g} / 200,11\text{g}) * 100 = 0,0936\%$$

Realizando um procedimento de secagem por liofilização com a mesma massa de polpa, foi possível determinar que o fruto apresentou cerca de 70% (m/m) de água em sua composição. Logo, a estimativa para o rendimento do processo extrativo em base seca foi de:

$$M_{\text{polpa seca}} = 30\% \cdot 200,11\text{g} = 60,033\text{g}$$

$$M_{\text{genipina}} = 5,4475\text{g} - 5,2602\text{g} = 0,1873\text{g}$$

O rendimento em massa seca da extração é dado por:

$$R(\%) = (M_{\text{genipina}} / M_{\text{polpa}}) * 100 = (0,1873 / 60,033\text{g}) * 100 = \mathbf{0,3120\%}.$$

3.3 Espectrometria de Massa

A Fig. 3 representa os espectros obtidos:

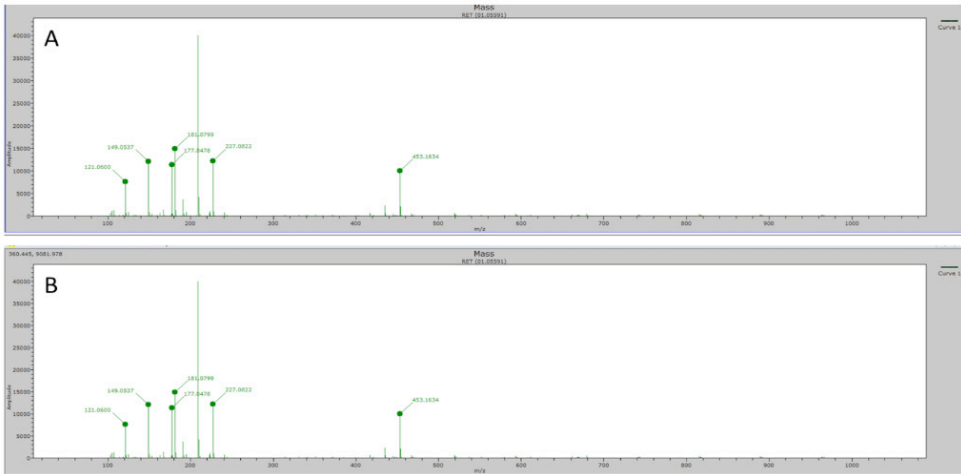


Figura 3. Espectros de massa da A) Genipina Padrão e B) Genipina isolada da *Genipa americana* L.

Nenhuma diferença significativa foi observada entre os espectros, corroborando os resultados com a identificação realizada pela CCD, e comprovando a ausência de quaisquer outras substâncias que poderiam estar contaminando o sólido. Observa-se no espectro um valor m/z em 227,0822 que é atribuído a massa da genipina $[C_{11}H_{14}O_5 + H]^+$ já que o espectro foi adquirido no modo positivo e sabendo que a massa molar de genipina é 226,2 g/mol. A m/z em 453,1634 é a $[2M+H]^+$ da genipina.

3.4 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As bandas de absorção do FTIR para o padrão comercial e a *Genipa americana* L. estão ilustradas na Fig. 4.

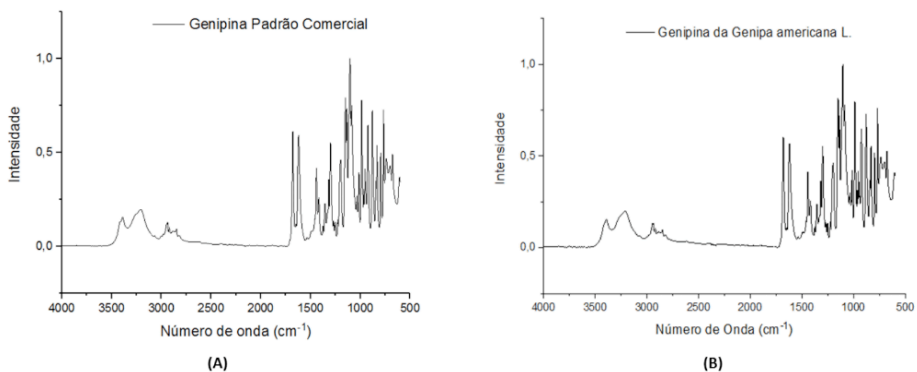


Figura 4. Espectro de FTIR do (A) Padrão Comercial e (B) Genipina da *Genipa americana* L.

Na Figura 4 mostra os espectros de infravermelho da genipina comercial e da genipina

extraída no laboratório CERTBIO. Observa-se que os espectros são similares e apresentam bandas características dos grupos funcionais da genipina, como: deformação axial de OH em 3392 cm^{-1} (OH livre) e em 3212 cm^{-1} (OH em ligação de hidrogênio); deformação axial de C=C de alcenos (em 1621 cm^{-1}); a vibração de 1150 cm^{-1} e estiramento com formação de pico em 1105 cm^{-1} são referentes às vibrações C-O e C-O, respectivamente, e a vibração de 1681 cm^{-1} corresponde ao grupo dos ácidos carboxílicos e são características das C=O. As bandas características do padrão de genipina comercial não apresentaram diferenças significativas das bandas apresentadas pela amostra da genipina extraído da *Genipa americana* L.

Desta forma, é possível afirmar que o FTIR reforça a identidade do produto obtido - previamente atestada pela CCD - e a ausência de substâncias diferentes de genipina em sua constituição, ou seja, sua elevada pureza.

4 | CONCLUSÕES

De acordo com os resultados foi possível a extração da genipina sólida a partir do endocarpo e das sementes de frutos verdes de Jenipapo. A CCD do sólido branco demonstrou excelente correspondência com o padrão comercial e ausência de impurezas. O FTIR e a espectrometria de massas reforçaram a identidade do produto obtido. Logo, foi possível obter uma genipina com alto grau de pureza.

AGRADECIMENTOS

A UFCG, Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste – CERTBIO pela realização dos ensaios e o Ministério da Saúde pelo fomento.

REFERÊNCIAS

BELLÉ, A. S. Extração de genipina a partir do jenipapo (*Genipa americana* Linnaeus) para imobilização de enzimas. 2017. 171 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

BENTES, A. S. Compostos bioativos de jenipapo, laranja e manga: Composição e desenvolvimento de métodos de extração. 2010. 130 p. Tese (Ciência dos Alimentos) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BENTES, A. S. et al. Influence of the composition of unripe genipap (*Genipa americana* L.) fruit on the formation of blue pigment. *Food Science and Technology*. v. 52, n. 6, p. 3919 – 3924, 2015.

C Djerassi, J Gray, F Kincl. Naturally Occurring Oxygen Heterocyclics. IX. Isolation and Characterization of Genipin. *J. Organic Chemistry*, 25(12), 2174-2177 (1960).

CHRONOPOULOU, L. et al. A physico-chemical approach to the study of genipin crosslinking of biofabricated peptide hydrogels. *Process Biochemistry*, v. 70, p. 110–116, 2018.

- Dong, Y. et al., 2014. Biotransformation of geniposide in *Gardenia jasminoides* to genipin by *Trichoderma harzianum* CGMCC 2979. *Cuihua Xuebao/Chinese Journal of Catalysis*, 35(9), pp.1534–1546.
- NEVES, G. N. et al. Extraction of bioactive compounds from genipap (*Genipa americana* L.) by pressurized ethanol: Iridoids, phenolic content and antioxidant activity. *Food Research International*. v. 102, p. 595 – 604, 2017.
- NEVES, G. N. et al. Identification and quantification of genipin and geniposide from *Genipa americana* L by HPLC-DAD using a focused-core column. *Food Science and Technology*. v. 38, n. 1, p. 116 – 122, 2018.
- NEVES, G. N.; MEIRELES, M. A. A. Genipap: A new perspective on natural colorants for the food industry. *Food and Public Health*. v. 8, n. 1, p. 21 – 33, 2018.
- RAMOS-DE-LA-PENÁ, A. M. A review through recovery, purification and identification of genipin. *Phytochem Reviews*. v. 15, p. 37-49, 2016.
- SILVA, D. B. et al. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para futuro – Região centro-oeste. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade. Brasília, 2016, p.228-236.
- SUN, Y. S. et al. Bone cell responses to a low elastic modulus titanium alloy surface immobilized with the natural cross-linker genipin. *Surface and Coatings Technology*, v. 350, p. 918–924, 2018.
- VESLÁSQUEZ, C. J.; RIVAS A; OCANTO, I. S. Obtención de genipina a partir de caruto (*Genipa americana* L.) dellano venezolano. *Avances en Química*. v. 9, n. 2, p. 75 – 86, 2014.
- Wang, S.C. et al., 2011. Using orthogonal arrays to obtain efficient and reproducible extraction conditions of geniposide and genipin in gardenia fruit with liquid chromatography-mass spectrometry determinations. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(4), pp.486–494.
- Wang, X.S. et al., 2012. Ultrasound-assisted extraction of geniposide from *Gardenia jasminoides*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19(6), pp.1155–1159.
- Winotapun, W. et al., 2013. One-enzyme catalyzed simultaneous plant cell disruption 170 and conversion of released glycoside to aglycone combined with in situ product separation as green one-pot production of genipin from gardenia fruit. *Enzyme and Microbial Technology*, 53(2), pp.92–96.
- Yang, Y.S. et al., 2011. Transformation of geniposide into genipin by immobilized β glucosidase in a two-phase aqueous-organic system. *Molecules*, 16(5), pp.4295– 4304.
- Zhou, T. et al., 2005. Large-scale isolation and purification of geniposide from the fruit of *Gardenia jasminoides* Ellis by high-speed counter-current chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1100(1), pp.76–80.
- ZHU, Y. et al., 2015. A Substrate Fed-Batch Biphasic Catalysis Process for the Production of Natural Crosslinking Agent Genipin with *Fusarium solani* ACCC 36223. *J Microbiol Biotechnol*.

SOBRE A ORGANIZADORA

CLAUDIANE AYRES - Possui graduação em Fisioterapia pelo Centro de Ensino Superior de Campos Gerais (2012). Recebeu diploma de mérito acadêmico, conquistando o primeiro lugar geral da turma de formandos 2012, do curso de Fisioterapia do Centro Superior do Campos Gerais- CESCAGE. Mestre em Ciências Biomédicas - UEPG (2016-2018) Pós-graduada em Fisioterapia Dermatofuncional CESCAGE (2012-2013). Pós- graduada em Gerontologia-UEPG (2017-2018); Pós- graduada em Fisioterapia Cardiovascular (2017-2018); Tem experiência nas áreas de fisioterapia em de Fisioterapia em UTI (Geral, coronariana e neonatal); Fisioterapia Hospitalar, Fisioterapia em DTM e orofacial; Fisioterapia em Saúde do Idoso; Atuou como docente do curso técnico em estética do CESCAGE-2013; Atuou na área de fisioterapia hospitalar e intensivismo (UTI Geral e coronariana)- 2016- 2018; Atualmente, atua como docente em cursos profissionalizantes de estética facial, corporal e massoterapia na Ideale Cursos; Atua também como docente do curso de Fisioterapia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE. Atua ainda como docente do curso Tecnólogo em Estética e Cosmetolgoia -UNICESUMAR PG.

ÍNDICE REMISSIVO

B

Bacillus thuringiensis 34, 35, 36, 47, 48

Biocombustíveis 34, 35, 36, 38, 39, 44, 45, 46

Bronquíolos 14, 18

Brônquios 14, 15, 16, 18, 20

C

Condiciones laborales 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12

E

Engenharia de tecidos 50, 55, 58, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 74, 78, 80, 81

Envelhecimento celular 62

Enzimas 27, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 57, 58, 73

F

Frutos verdes de Jenipapo 26

G

Genipa americana Linnaeus 25, 26, 32

Genipina 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 79

L

Ligninocelulolítico 34, 36, 41, 43, 44, 46

M

Marsupiais 14, 15, 23

Materiais biocompatíveis 62

Medicina regenerativa 50, 52, 55, 58, 64, 65, 74, 79

P

Polimerização 40, 50, 52, 54, 57, 69

Polímeros biorreabsorvíveis 62, 67, 68

R

Reparo ósseo 62, 64

S

Silicosis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13

T


Traqueia 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23


Tuberculosis 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13


COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA BIOMÉDICA



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora




 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA BIOMÉDICA



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