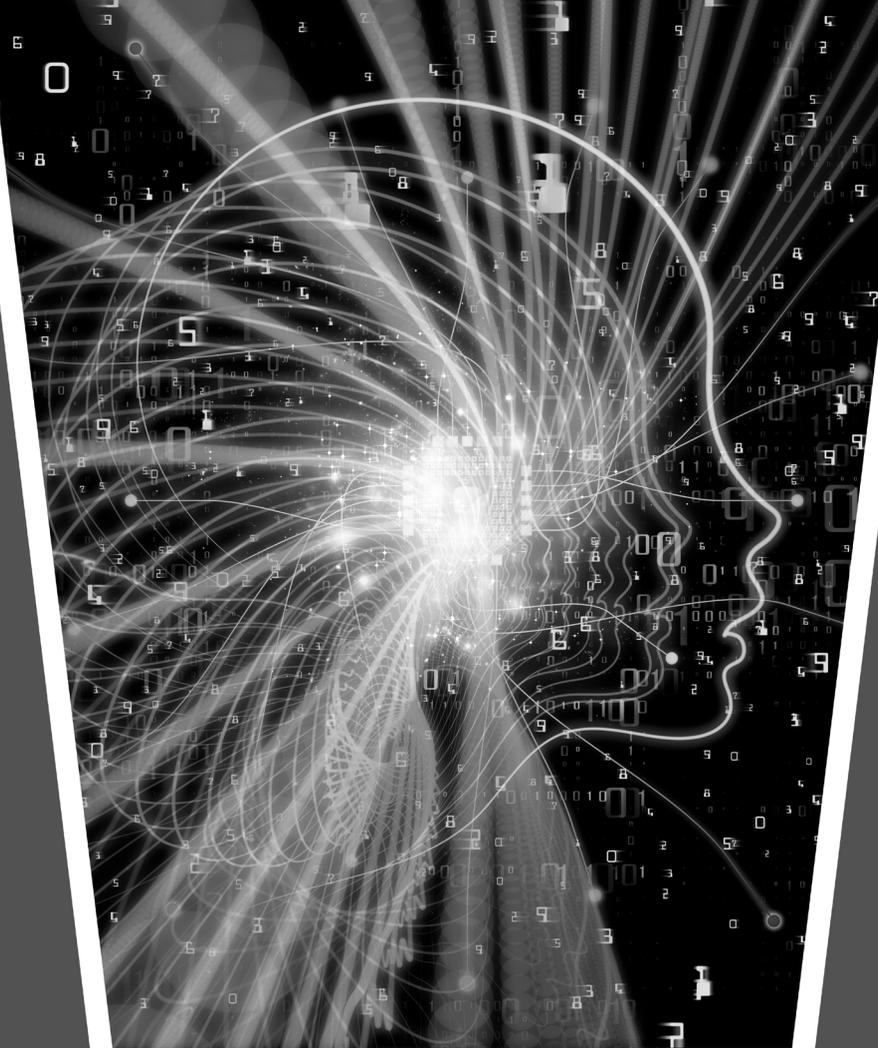


Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

Filipe Alves Coelho
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe
Vicente Idalberto Becerra Sablón
(Organizadores)


Ano 2021



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

Filipe Alves Coelho
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe
Vicente Idalberto Becerra Sablón
(Organizadores)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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^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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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 Rural do Semi-Árido
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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

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

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Filipe Alves Coelho
 Monica Tais Siqueira D'amelio Felipe
 Vicente Idalberto Becerra Sablón

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 2 / Organizadores Filipe Alves Coelho, Monica Tais Siqueira D'amelio Felipe, Vicente Idalberto Becerra Sablón. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-5706-999-8
 DOI 10.22533/at.ed.998211304

1. Engenharia. I. I. Coelho, Filipe Alves (Organizador). II. Felipe, Monica Tais Siqueira D'amelio (Organizadora). III. Sablón, Vicente Idalberto Becerra (Organizador). IV. Título.
 CDD 620

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.

APRESENTAÇÃO

A ciência tenta obter conhecimento sobre a estrutura fundamental do mundo utilizando observações sistemáticas e experimentais. A engenharia explora o campo do desconhecido procurando sistematicamente por novas soluções para problemas práticos. O GPS, a Internet, antibióticos, dentre outros, surgiram em meio às dificuldades das guerras. O Brasil, apesar de não estar envolvido em nenhuma, vive outras batalhas diárias.

No primeiro volume deste livro trouxemos um pouco da produção científica de um grupo de pesquisadores da região de Campinas e neste novo volume, não diferente, apresentamos mais engenharia e ciência aos serviços da sociedade e da indústria. Entretanto, desta vez a produção ocorreu durante um dos eventos de mudança mais rápida observada na sociedade recente: a quarentena imposta pela pandemia de COVID-19.

O ano de 2020 será lembrado por todos como o ano mais atípico das nossas vidas. O distanciamento social afastou pesquisadores do contato diário com colegas e de seus materiais de trabalho. Pesquisar de casa parecia impossível. Vimos ao longo de 2020 que nossos alunos conseguiam fazer pesquisa nas empresas que trabalhavam. Que, com os devidos cuidados, poderíamos usar os laboratórios. Que a internet aproximou os distantes grupos de pesquisa. Que ciência se faz com pessoas dedicadas e apaixonadas pelo trabalho.

Pesquisamos. E este livro é a amálgama do árduo trabalho de produzir ciência e tecnologia em 2020. É a flor do mandacaru: aos olhos de quem vê, surgiu no ambiente aparentemente improvável e inóspito. O ano que passou fortaleceu nosso grupo de pesquisa e parcerias foram criadas e/ou fortalecidas. Reforçamos, porém, que este livro está mais para um *tweet* diante do livro que foi 2020. Um ano longo, com muito aprendizado, muitas quebras de paradigmas e que de certa maneira, parece ainda insistir em estar entre nós. Este livro foi um recorte das nossas vidas acadêmicas, uma lembrança que será registrada nos anais da academia, mas com significado muito particular para cada um dos autores que aqui depositaram as lembranças do que melhor fizeram neste período.

O ano que se adentra rapidamente traz a esperança de renovação, de mudanças não mais tão bruscas e de um ano que se inicia em regime laminar. E nesta correnteza que é a vida, celebramos neste volume trabalhos que envolvem inteligência artificial aplicada (inclusive para a COVID-19), aplicação ou desenvolvimento de materiais, melhorias de processos industriais e da gestão de linhas de produção, geração de energia, dentre outros temas.

Finalmente, agradecemos a Editora Atena por abraçar esta iniciativa, abrindo as portas para a divulgação do conhecimento para a comunidade científica e a sociedade.

Filipe Alves Coelho

Monica Tais Siqueira D'Amelio

Vicente Idalberto Becerra Sablón

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

THE INFLUENCE OF MEDICAL IMAGE ANALYSIS FOR COVID-19 AS A TECHNOLOGICAL MECHANISM TO SUPPORT THE GLOBAL PANDEMIC

Ana Carolina Borges Monteiro
Reinaldo Padilha França
Rangel Arthur
Giulliano Paes Carnielli
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

DOI 10.22533/at.ed.9982113041

CAPÍTULO 2..... 11

THE IMPACT OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE FOR COVID-19 AS A TECHNOLOGICAL RESOURCE TO SUPPORT THE GLOBAL PANDEMIC

Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Andrea Coimbra Segatti
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

DOI 10.22533/at.ed.9982113042

CAPÍTULO 3..... 21

***MACHINE LEARNING* PARA DELINEAMENTO EXPERIMENTAL EM ESTUDOS DA DOR - *IOT*, REDE NEURAL, *K-MEANS* E ÁRVORE DE DECISÃO**

Fábio Andrijauskas
Glaucilene Ferreira Catroli
Eduardo Keizo Horibe Junior
Matheus Gaboardi Tralli
Rafael Soares Torres
João Marcos Santos

DOI 10.22533/at.ed.9982113043

CAPÍTULO 4..... 33

RASTREX – SISTEMA DE RASTREAMENTO VEICULAR

Sergio Henrique Matukava
Vinicius Stanisoski Perassolli
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella

DOI 10.22533/at.ed.9982113044

CAPÍTULO 5	47
AMBIENTE DE APRENDIZADO PARA ESTUDO DE MÁQUINAS VIRTUAIS EM SISTEMA EMBARCADO	
Renan Romão Oliveira Regimar Francisco dos Santos Glaucilene Ferreira Catroli Fábio Andrijauskas	
DOI 10.22533/at.ed.9982113045	
CAPÍTULO 6	58
GERADOR DE ENERGIA PIEZOELÉTRICO: AQUISIÇÃO, MONITORAMENTO E CONDICIONAMENTO DO SINAL GERADO	
Darilson Francisco das Dores Antunes Vicente Idalberto Becerra Sablón	
DOI 10.22533/at.ed.9982113046	
CAPÍTULO 7	70
SUORTE PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO COM INCLINAÇÃO VARIÁVEL	
Felipe de Marco Costa Rafael Aparecido Bragante Annete Silva Faesarella Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.9982113047	
CAPÍTULO 8	83
VIABILIZAÇÃO DO USO DE MANUFATURA ADITIVA NOS PROCESSOS DE AGITAÇÃO E MISTURA	
Tadeu Henrique Aparecido da Silva Mateus Bueno Veris Monica Tais Siqueira D'Amelio	
DOI 10.22533/at.ed.9982113048	
CAPÍTULO 9	95
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO CONTÍNUA EM MICRO BIORREATOR	
João Paulo Fioritti Godoy Guilherme Brandão Silva Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.9982113049	
CAPÍTULO 10	107
CELULOSE NANOFIBRILADA: ESTUDO DA OBTENÇÃO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA PAPELEIRA	
Marcela Renata Zenni	

Caroline Pereira dos Santos
Roberta Martins da Costa Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.99821130410

CAPÍTULO 11..... 120

DESENVOLVIMENTO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DO AMIDO DE CHUCHU E AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE CAFÉ E ÓLEO DE BURITI

Fernanda Andrade Tigre da Costa
Jairo Paschoal Júnior
Rosana Zanetti Baú

DOI 10.22533/at.ed.99821130411

CAPÍTULO 12..... 135

ROLHA DE RESÍDUO: A INOVAÇÃO A PARTIR DO DESCARTE DE *PALLETS*

Laura Bisetto Zanella
Liliani Alves da Silva
Tainah Cristina Cunha Muner
Monica Tais Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.99821130412

CAPÍTULO 13..... 148

PRODUÇÃO DE COSMECÊUTICOS COM ÓLEO DE CAFÉ PARA PREVENÇÃO DO FOTOENVELHECIMENTO

Vanessa Cristina de Barros Mariano
Natália Cristina de Brito Lopes
Iara Lúcia Tescarollo

DOI 10.22533/at.ed.99821130413

CAPÍTULO 14..... 161

SMLP - SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

Igor Vieira Lima
Kaique Franco Jarussi
Annete Silva Faesarella
Vicente Idalberto Becerra Sablón

DOI 10.22533/at.ed.99821130414

CAPÍTULO 15..... 174

SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Beatriz de Souza Elias
Luiz Henrique Mascaro de Mendonça
Cristina das Graças Fassina
Renata Lima Moretto

DOI 10.22533/at.ed.99821130415

CAPÍTULO 16	187
CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVEDOR DE PIGMENTOS DE MEIO AQUOSO	
Gláucia Rodrigues	
Brenda Gabriela	
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe	
DOI 10.22533/at.ed.99821130416	
CAPÍTULO 17	199
MINIMIZAÇÃO DE SOBRECARGA ESTRUTURAL NA BLINDAGEM DA RADIOATIVIDADE	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
Heitor Berger Campos	
Angela Aparecida Brandão	
Natália Ribeiro da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.99821130417	
SOBRE OS ORGANIZADORES	220
ÍNDICE REMISSIVO	221

DESENVOLVIMENTO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DO AMIDO DE CHUCHU E AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE CAFÉ E ÓLEO DE BURITI

Data de aceite: 16/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Fernanda Andrade Tigre da Costa

Universidade São Francisco
Engenharia Química
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/4983471696496187>

Jairo Paschoal Júnior

Universidade São Francisco
Engenharia Química
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/0767494783037847>

Rosana Zanetti Baú

Universidade São Francisco
Engenharia Química
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/8554455438308334>

RESUMO: É evidente a situação atual do descarte inadequado de materiais plásticos no meio ambiente. Essa aglomeração de plásticos descartados vem sendo motivo de grande preocupação pela sociedade científica. Uma das alternativas para a substituição dos plásticos convencionais, a fim de reduzir o atual problema é a utilização de bioplásticos ou polímeros biodegradáveis, devido à melhor afinidade com o meio ambiente. Logo, este trabalho teve por objetivo desenvolver um biopolímero a partir do amido de chuchu, borra de café e óleo de buriti. As propriedades higroscópicas e filmogênicas do amido de chuchu foram comparadas com as do amido de milho. A borra do café incorporada foi

acetilada a fim de permitir maior aderência com a matriz polimérica. A formação dos filmes foi realizada pelo método de casting não contínuo. O desempenho da utilização do óleo de buriti foi avaliado em comparação com as formulações utilizando o glicerol. O rendimento da extração do amido de chuchu apresentou uma média de $2,47 \pm 0,52\%$. O amido de chuchu apresentou características térmicas semelhantes ao amido de milho, e com maior índice solubilidade em água e menor índice de absorção de água. A incorporação da borra do café reduziu o ponto de fusão dos filmes com o amido de milho, mas nos filmes de amido de chuchu elevou seu ponto de fusão. Seu comportamento na biodegradação foi semelhante às formulações sem a fibra, visto que a biodegradação foi influenciada mais pela hidrofiliabilidade do amido. O uso do óleo de buriti como plastificante nas formulações de amido de chuchu apresentaram comportamentos semelhantes aos filmes com o glicerol, porém, nas formulações com o amido de milho, não foi evidenciado efeito plastificante.

PALAVRAS-CHAVE: Amido, chuchu, biopolímero, borra de café, óleo de buriti.

BIOPOLYMER DEVELOPMENT FROM CHAYOTE STARCH AND EVALUATION OF THE INCORPORATION OF COFFEE RESIDUE AND BURITI OIL

ABSTRACT: The current situation of inadequate disposal of plastic materials in the environment is evident. This agglomeration of discarded plastics has been of great concern for the scientific society. One of the alternatives for replacing conventional plastics, in order to reduce the current problem, is the use of bioplastics or biodegradable polymers, due to the better affinity with the environment. Therefore, this work aims to

develop a biopolymer from chayote starch, coffee grounds and buriti oil. The hygroscopic and filmogenic properties of chayote starch were compared with those of corn starch. The coffee grounds incorporated were acetylated in order to allow greater adherence with the polymer matrix. The formation of the films was carried out by the non-continuous casting method. The performance of using buriti oil was evaluated in comparison with formulations using glycerol. The extraction yield of chayote starch showed an average of $2.474 \pm 0.521\%$. Chayote starch showed thermal characteristics similar to corn starch, with a higher water solubility index and lower water absorption index. The incorporation of coffee grounds reduced the melting point of films with corn starch, but in chayote starch films it increased its melting point. Its behavior in biodegradation was similar to formulations without fiber, since biodegradation was influenced more by the hydrophilicity of starch. The use of buriti oil as a plasticizer in chayote starch formulations showed similar behavior to films with glycerol, however, in formulations with corn starch, there was no plasticizing effect.

KEYWORDS: Starch, chayote, biopolymer, coffee grounds, buriti oil.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de plásticos é tão comum que virou algo conveniente nos dias de hoje. Mais de 70% do plástico que é utilizado não é reciclado e grande parte desse lixo é arrastado para as praias e oceanos ou é levado das ruas para os rios. Estima-se que, atualmente, 5 trilhões de unidades de plástico flutuem em nossos oceanos (ONU, 2019). De acordo com a ONU (2018), foram produzidas aproximadamente 8,3 bilhões de toneladas de plástico desde a década de 1950 e a previsão é que este valor aumente para em torno de 34 bilhões de toneladas em 2050. Portanto, é de suma importância que alternativas sejam estudadas para a substituição desses plásticos sintéticos por outros materiais com o intuito de reduzir o impacto causado ao meio ambiente.

Uma das alternativas é a substituição por plásticos biodegradáveis e/ou biopolímeros. Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros que são gerados a partir de uma matéria-prima proveniente de fontes renováveis, tais como: milho, cana-de-açúcar, celulose e outras. Já os polímeros biodegradáveis são polímeros onde sua degradação resulta da ação de bactérias, fungos e algas (ALCÂNTARA, 2017).

O amido é o biopolímero mais abundante no mundo, depois da celulose (AZEVEDO et al, 2018), constituindo a principal fonte de reserva da maioria das plantas, fornecendo energia de baixo custo para a nutrição humana e sendo muito utilizada na formulação de filmes (RODRIGUES et al, 2017). De acordo com Cruz (1982), o chuchu apresenta um baixo teor de amido (2,8%), porém, o chuchuzeiro apresenta um alto rendimento por área (superior à 150 ton/ha ao ano), facilidade de cultura, cultivo e colheita em todo o Brasil. Na Tabela 1 é possível observar a viabilidade de extração do amido de chuchu em relação as outras diferentes fontes botânicas.

Características	Batata	Mandioca	Milho	Chuchu
Teor de amido (%)	80	24	70	2,8
Produção anual no Brasil (ton/ha)*	30,9	14,4	5,0	114,1
Amido por hectare (ton)	24,7	3,5	3,5	3,2
Preço do quilo (R\$)**	6,25	3,85	5,40	2,35

*Dados obtidos pelo IBGE em 2018.

**Valores obtidos na região de Bragança Paulista (SP) em abril de 2020.

Tabela 1 - Teor de amido, produção anual e preço médio de diferentes fontes botânicas (CRUZ, 1982; VIEIRA, 2019; GOMES, 2018; SANTOS, 2018).

O óleo de buriti, fruto do buritizeiro, possui cor avermelhada e é rico em ácido oleico. Uma das maiores fontes de vitamina A da natureza, o óleo de buriti é a maior fonte vegetal de β -caroteno que se tem conhecimento. Sua versatilidade é atribuída ao fato de possuir mais de 70% de ácidos graxos contendo pelo menos uma instauração na cadeia. Apresenta excelente atividade antioxidante e alta estabilidade oxidativa (SCHLEMMER, 2011; FERREIRA, 2018). No estudo de Schlemmer et al (2010), o óleo de buriti, incorporado a blendas de PS/TPS, apresentou ser mais estável termicamente, ter um melhor efeito plastificante e uma maior suscetibilidade à degradação no solo (aterro) do que as blendas produzidas com glicerol.

O Brasil é o maior produtor mundial de café (FERREIRA et al, 2020) sendo que, em 2019 foi produzido aproximadamente 2,96 milhões toneladas no território nacional (CONAB, 2020). A borra de café é considerada o principal resíduo associado à indústria do café, correspondendo a 45% dos resíduos. Normalmente, a borra de café é composta por lipídeos, polissacarídeos, proteínas, alcalóides, minerais e compostos fenólicos (COELHO, 2019) e os principais polissacarídeos presentes na borra de café são celulose (41-48%) e hemicelulose (21-33%) (FERREIRA et al, 2020).

Estudos mostram a utilização da borra do café em compósitos poliméricos com o intuito de aprimorar as propriedades mecânicas do material (DIAS, 2015; CARDOSO & BONSE, 2019; MEI & OLIVEIRA, 2017; COELHO, 2019). No estudo de Mei e Oliveira (2017), a borra de café foi submetida à um pré-tratamento de acetilação para formar compósitos com poli (ϵ -caprolactona) (PCL), onde a borra de café acetilada teve um ganho na estabilidade térmica quando comparada com a borra natural. Além disso, análises de TGA mostraram que houve também um aumento de 10°C no pico máximo de degradação no compósito com a borra de café.

Portanto, este trabalho teve o objetivo de desenvolver um biopolímero a partir do amido extraído do chuchu e ainda avaliar a inserção de uma fibra natural vegetal proveniente da borra do café. O foco do desenvolvimento desse bioplástico é elaborar um material oriundo de componentes naturais, bem como o uso de plastificantes naturais.

2 | METODOLOGIA

A extração de amido do chuchu foi adaptada de Fonseca (2015). Os chuchus foram cortados, imersos em água e triturados em liquidificador multifuncional (Marca: Hamilton

Beach, Modelo: 58145BZ) na intensidade máxima (750 Watts) por 1 minuto, e então, a solução resultante deste processo foi peneirada (Mesh: 16, Abertura: 1,18mm) e decantada por 10 horas. O amido decantado foi pesado em balança analítica (Marca: Mettler Toledo, Modelo: PB602-S) e exposto em estufa (Marca: Ethik Thechnology, Modelo: 400-TD, Tamanho 3) a 40°C por 7 horas.

Para comparação das propriedades higroscópicas e filmogênicas do amido de chuchu foi utilizado o amido de milho (Marca: Maizena, DURYEA®). Os plastificantes utilizados foram o glicerol (Glicerina biodestilada, Marca: Rioquímica) e óleo de buriti (Óleo de buriti 100% vegetal extraído por prensagem a frio e filtração, Marca: Distriol).

A acetilação da borra do café foi adaptada Mei e Oliveira (2017), com algumas adaptações, em que a borra do café foi imergida em solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH), 2% (m/m), em banho de gelo por 20 minutos, e então foi lavada com água destilada até a remoção total da solução. A borra de café resultante permaneceu em estufa na temperatura de 80°C por 24 horas. Posteriormente, a borra foi imergida em solução de anidrido acético e ácido acético glacial na proporção de 1,5:1 (v/v), respectivamente, e mantida sob agitação a uma temperatura de 120°C por 90 minutos. Em seguida, a borra de café foi lavada com água destilada até a remoção total do solvente e, então, foi exposta em estufa na temperatura de 80°C por 24 horas. O armazenamento foi feito em um dessecador a vácuo.

A determinação do rendimento da extração do amido foi determinada segundo a metodologia de Silva et al (2019). As massas do chuchu foram aferidas e calculou-se uma relação com a massa obtida do produto final da extração, conforme a Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso final do amido (g)}}{\text{Peso inicial do chuchu (g)}} \times 100 \quad (1)$$

A solubilidade em água foi determinada segundo metodologia de Lima e colaboradores (2019), com modificações. Uma suspensão com 25 mL de água e 0,5 g de amido foi preparada em tubos de centrífuga com tampa. Os tubos foram agitados por 1 minuto em agitador vortex com 4500 rpm (Marca: Capp, Modelo: CRV-45X) e, em seguida, adicionados em centrífuga (Marca: Panem, Modelo: Excelsa 2206i) a 3600 rpm por 30 minutos. O líquido sobrenadante foi despejado em placa de Petri e levado à estufa para secagem a 60°C. A solubilidade em água foi calculada através da relação entre a massa do resíduo seco do sobrenadante (resíduo de evaporação) e a massa seca da amostra conforme a Equação 2.

$$\text{Solubilidade em água} = \frac{\text{Resíduo de evaporação (g)}}{\text{Peso seco da amostra (g)}} \times 100 \quad (2)$$

O índice de absorção de água do amido foi determinado segundo metodologia de Lima e colaboradores (2019), com modificações. Uma suspensão com 25 mL de água e 0,5 g de amido foi preparada em tubos de centrífuga com tampa. Os tubos foram agitados por 1 minuto em agitador com 4500rpm e, em seguida, adicionados em centrífuga a 3600 rpm por 30 minutos. O líquido sobrenadante foi descartado e o material residual foi pesado. A diferença entre a massa da amostra, antes e após a absorção de água, representa a quantidade de água absorvida, conforme Equação 3.

$$\text{Índice de absorção de água} = \frac{\text{Massa residual da centrifugação (g)}}{\text{Massa da amostra (g)}} \quad (3)$$

A preparação dos filmes foi pelo método de *casting* não contínuo baseada na metodologia de Mei e Oliveira (2017), e Fonseca (2015). Os compósitos foram preparados nas proporções apresentadas na Tabela 2. Para cada formulação foram utilizadas uma massa total de 10 gramas de material diluídas em 250 mL de água. A solução obtida foi aquecida sob agitação até ebulição. Posteriormente, a solução foi despejada em recipientes e submetidas à secagem em temperatura ambiente por 48 horas.

Formulação	Proporção em massa	Código
AM + G	80:20	AM/G
AM + BC + G	75:5:20	AM/BC5/G
AM + BC + G	70:10:20	AM/BC10/G
AM + BC + G	65:15:20	AM/BC15/G
AM+ B	80:20	AM/B
AM + BC + B	75:5:20	AM/BC5/B
AM + BC + B	70:10:20	AM/BC10/B
AM + BC + B	65:15:20	AM/BC15/B
AC + G	80:20	AC/G
AC + BC + G	75:5:20	AC/BC5/G
AC + BC + G	70:10:20	AC/BC10/G
AC + BC + G	65:15:20	AC/BC15/G
AC+ B	80:20	AC/B
AC + BC + B	75:5:20	AC/BC5/B
AC + BC + B	70:10:20	AC/BC10/B
AC + BC + B	65:15:20	AC/BC15/B

Tabela 2 - Definição das formulações das soluções filmogênicas. Legenda: AM (amido de milho), AC (amido de chuchu), BC (borra de café), G (glicerol) e B (óleo de buriti)

A continuidade dos filmes foi determinada segundo a metodologia de Costa e colaboradores (2017), na qual foi verificada visualmente a ausência, ou não, de ruptura após a secagem. O critério de avaliação utilizado foi “SIM” para o filme sendo aceitável e o “NÃO” para o filme em condições inaceitáveis.

A manuseabilidade dos filmes foi determinada segundo a metodologia de Costa e colaboradores (2017), em que se analisou a facilidade de manuseio sem o risco de ruptura (se o material será resistente ou se terá facilidade de rasgar). Como critério de aceitabilidade adotou-se também “SIM” para aceitável e “NÃO” para inaceitável.

A uniformidade dos filmes foi determinada segundo a metodologia de Costa e colaboradores (2017), na qual foi examinada a superfície dos filmes verificando a presença, ou não, de partículas insolúveis, bolhas de ar ou zonas de opacidade, utilizando também

como critério de aceitação, “SIM” para o filme aceitável e “NÃO” para o filme em condições inaceitáveis.

A espessura foi determinada segundo a metodologia de Viégas (2016). Os filmes foram medidos em cinco pontos diferentes com um micrômetro digital (Marca: Digimess, Modelo: Electronic Outside Micrometer 0-25mm 0.001mm).

A gramatura dos filmes foi determinada conforme a metodologia descrita por Costa e colaboradores (2017). O cálculo da gramatura foi realizado através da razão entre a massa do filme dividida pela respectiva área ocupada, sendo o resultado expresso em g/m², conforme a Equação 4.

$$\text{Gramatura} = \frac{\text{Massa do filme}(g)}{\text{Área ocupada pelo filme (m}^2\text{)}} \quad (4)$$

A densidade dos filmes foi determinada baseada na metodologia descrita por Costa e colaboradores (2017). Foram cortadas amostras de 2cm x 2cm dos filmes. O cálculo desse parâmetro foi realizado conforme a Equação 5.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa do filme}(g)}{\text{Área ocupada pelo filme (cm}^2\text{)} \times \text{espessura do filme (cm)}} \quad (5)$$

Os filmes foram expostos ao ambiente de aceleração da degradação por luz ultravioleta de acordo com a metodologia de Silvano (2018), com modificações. O experimento foi realizado no sistema acelerado de envelhecimento para não metálicos, ultravioleta “B”/Condensação – ASTM G53 (modelo UV COND, Comexim Matérias Primas Ind. Com. Ltda., SP), na qual foi realizado o envelhecimento por luz ultravioleta do tipo “B”, durante 12 dias a 48°C, das amostras a serem enterradas no solo simulado.

A biodegradação em solo simulado foi realizada conforme a metodologia de Costa & Bardi (2018), com modificações. Na qual o solo foi preparado com terra vegetal, areia média-fina e água, nas proporções de 58:21:21, respectivamente. Os filmes de dimensão 2 cm x 2 cm foram inseridos em uma tela permeável de fibra de vidro. As amostras foram pesadas antes e após a biodegradação. A análise foi realizada durante 120 dias, onde a cada quinze dias foram retiradas amostras do solo simulado.

Amostras de amido granular e os filmes obtidos foram submetidas a análises de calorimetria exploratória diferencial (DSC) de acordo com a metodologia de Bruno (2018), com modificações. Curvas DSC foram obtidas utilizando-se razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹ até à temperatura de 200°C, utilizando-se atmosfera de ar e cadinho de alumínio fechado sendo, assim, possível obter as temperaturas de fusão e a entalpia de fusão (T_m e ΔH_m, respectivamente) para cada amostra.

Os filmes e o amido granular foram submetidos a análises de termogravimetria (TGA) de acordo com a metodologia de Lapa e colaboradores (2020), com algumas modificações. As curvas de TGA foram obtidas utilizando-se razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹ até à temperatura de 500°C, utilizando-se atmosfera de ar e cadinho de cerâmica aberto, sendo possível obter as temperaturas de estabilização, de 50% de degradação e a massa residual (Test, T50% e mr, respectivamente) para cada amostra.

A análise estatística dos resultados foi determinada conforme a metodologia descrita

por Paulino (2016), com a modificação do *software* utilizado para o MiniTab 16. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo método de Tukey, ao nível de confiança a 95% ($\alpha = 0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de rendimento da extração do amido de chuchu foram realizadas em triplicata, como mostra a Tabela 2, as quais apresentaram uma média de $2,47 \pm 0,52\%$ de rendimento, sendo coerente com os valores apresentados na literatura, que é aproximadamente 2,8% (Cruz, 1982).

Peso do chuchu inicial (g)	Peso do amido extraído (g)	Rendimento (%)
275,42	7,38	2,680
339,71	9,72	2,861
305,03	5,74	1,882

Tabela 2 - Resultado das análises de rendimento da extração do amido de chuchu.

Os índices de solubilidade em água e de absorção de água, dos dois tipos de amido, estão representados na Figura 1, na qual a solubilidade em água do amido de chuchu foi maior que a do milho (3,21 vezes maior), entretanto, o índice de absorção de água do amido de chuchu foi menor que a do amido de milho (0,88 vezes menor). Esta variação pode ser causada devido ao tipo de fonte vegetal em que foi extraído, alterando algumas propriedades do amido como, por exemplo, a porosidade.

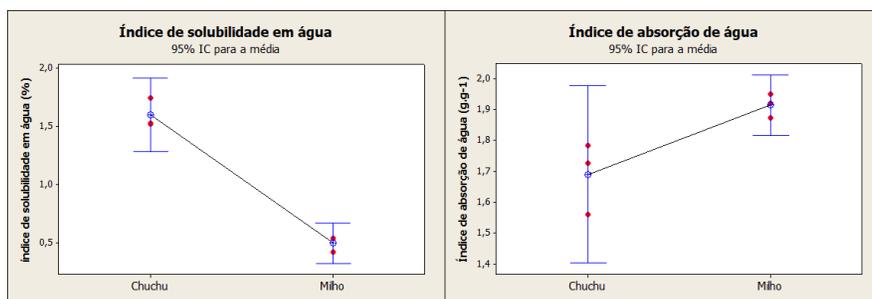


Figura 1 - Índice de solubilidade em água e índice de absorção de água do amido de chuchu e milho.

As análises de DSC e TGA dos dois tipos de amido estão representadas na Figura 2. No DSC observou-se que a temperatura de fusão do milho é um pouco maior do que a de chuchu, $146,5^{\circ}\text{C}$ e $141,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Já a entalpia de fusão do amido de milho é menor do que a de chuchu, $205,7 \text{ J/g}$ e 1241 J/g , respectivamente. Análises de

TGA das amostras apresentaram características semelhantes e boa estabilidade térmica, com degradação em 300°C aproximadamente. O degrau inicial apresentado até 100°C é característico da evaporação da água presente na formulação.

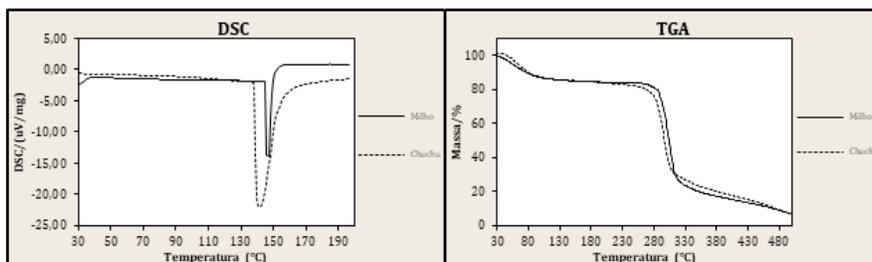


Figura 2 - Análise de DSC e TGA do amido de chuchu e milho.

As análises visuais de continuidade, maneabilidade e uniformidade foram avaliadas de acordo com a sua influência na conformidade total do filme (considerando cada uma, nas condições aceitáveis, como 1/3 da conformidade), na qual os resultados estão representados na Figura 3. As formulações de amido de milho e óleo de buriti (com e sem borra de café) foram descartadas por apresentar baixa conformidade. Os filmes apresentaram características de rigidez, baixa flexibilidade e baixa uniformidade dos componentes.

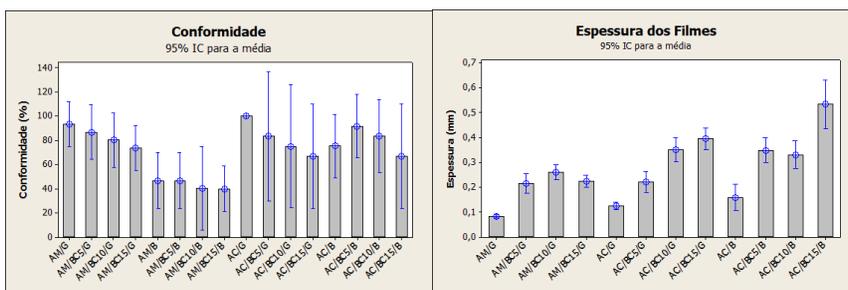


Figura 3 - Índice de conformidade das análises de continuidade, maneabilidade e uniformidade e análise de espessura dos filmes.

A análise de espessura dos filmes também está representada na Figura 3, onde foi possível observar que nas regiões mensuradas que apresentavam a borra do café em sua constituição, a espessura apresentou uma forte tendência a ser maior, devido à alta espessura da fibra em relação às moléculas de amido.

A análise de gramatura dos filmes está representada na Figura 4, onde foi possível observar que, nas regiões medidas em que apresentavam a borra do café, a gramatura apresentou uma leve tendência a ser maior. Isto se deve à adição das fibras que aumentam o peso específico, aumentando também a resistência do filme.

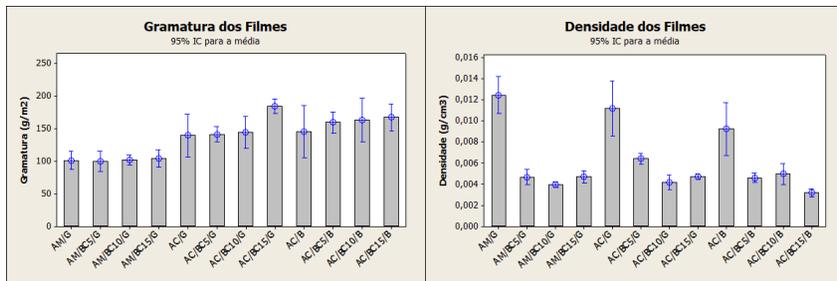


Figura 4 - Análise de gramatura dos filmes e análise de densidade dos filmes.

A análise de densidade dos filmes também está representada na Figura 4, na qual foi possível observar que, nas regiões mensuradas em que apresentavam a borra do café, a densidade é menor do que quando comparadas com as amostras sem a fibra. Isto ocorre devido ao volume dos filmes com a borra ser maior por conta da alta espessura, causando assim um aumento no volume e, conseqüentemente, redução da densidade.

No Quadro 1 estão representadas as imagens das amostras antes e após a exposição em luz ultravioleta para as diferentes formulações.

Filmes preparados				Filmes após exposição à UV			
AM/G	AM/BC5/G	AM/BC10/G	AM/BC15/G	AM/G	AM/BC5/G	AM/BC10/G	AM/BC15/G
AC/G	AC/BC5/G	AC/BC10/G	AC/BC15/G	AC/G	AC/BC5/G	AC/BC10/G	AC/BC15/G
AC/B	AC/BC5/B	AC/BC10/B	AC/BC15/B	AC/B	AC/BC5/B	AC/BC10/B	AC/BC15/B

Quadro 1 - Imagens das amostras antes e após a exposição em luz UV.

Com a exposição a luz UV notou-se que as amostras tenderam a apresentar coloração amarelada e nas amostras que continham borra de café foi observado que a borra tendeu a uma coloração acinzentada, onde tais fatores evidenciam degradação térmica.

Os resultados de DSC e TGA dos filmes nas diferentes formulações estão representados nas Figuras 5, 6 e 7.

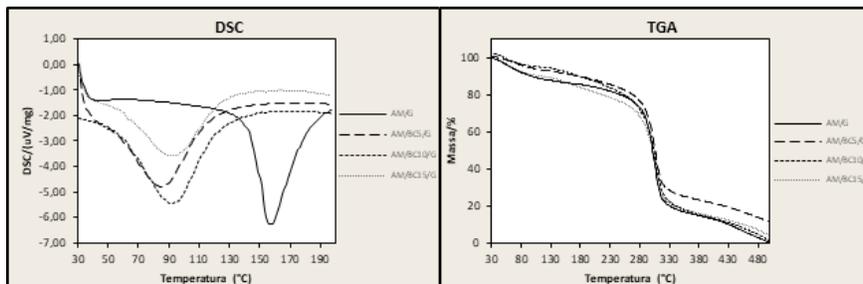


Figura 5 - Análises de DSC e TGA dos filmes de amido de milho com glicerol e borra de café.

Na Figura 5 é possível observar que, para a análise de DSC, as formulações que apresentavam a borra de café apresentaram uma redução expressiva na temperatura de fusão, já na análise de TGA, as formulações apresentaram comportamento semelhante, com único estágio de degradação, degrau inicial característico da evaporação da água (até 100°C) com perda de massa de 7,6%, degradação lenta entre 100 °C e 280°C (correspondente à 20% da massa) e alta degradação em 300°C aproximadamente.

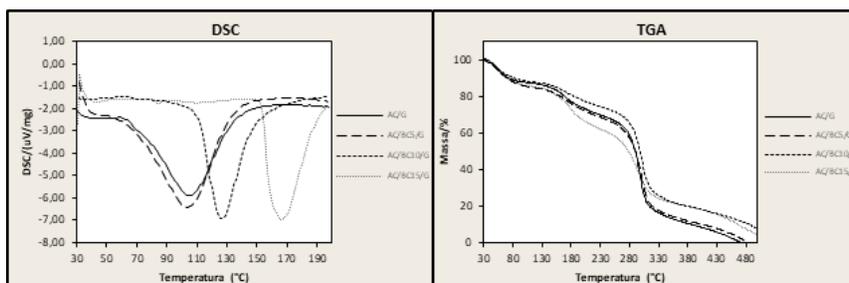


Figura 6 - Análises de DSC e TGA dos filmes de amido de chuchu com glicerol e borra de café.

Na Figura 6 é possível notar que, para a análise de DSC, os filmes que continham a borra de café apresentaram um aumento significativo na temperatura de fusão, e na análise de TGA, os filmes também apresentaram comportamento semelhante, degradação inicial característica da água (13% de massa), porém com dois estágios de degradação. Tal comportamento pode ser consequência da reação química apresentada entre o amido de chuchu e o glicerol, visto que as outras composições não apresentaram esta característica. Esta degradação na faixa de 100°C e 280°C correspondeu a aproximadamente 30% da perda de massa dos filmes.

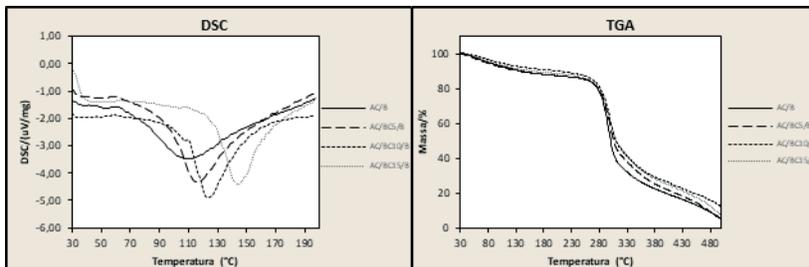


Figura 7 - Análises de DSC e TGA dos filmes de amido de chuchu com buriti e borra de café.

Na Figura 7 é possível notar que, na análise de DSC, os filmes com a fibra apresentaram um leve aumento na temperatura de fusão, já na análise de TGA, os filmes mostraram ter um único estágio de degradação, degrau da evaporação da água (6,5% de massa) e degradação lenta entre 100°C e 280°C de 14,5%.

Na Figura 8 estão representados os resultados da perda de massa dos filmes expostos na biodegradação, com e sem pré-degradação por luz UV.

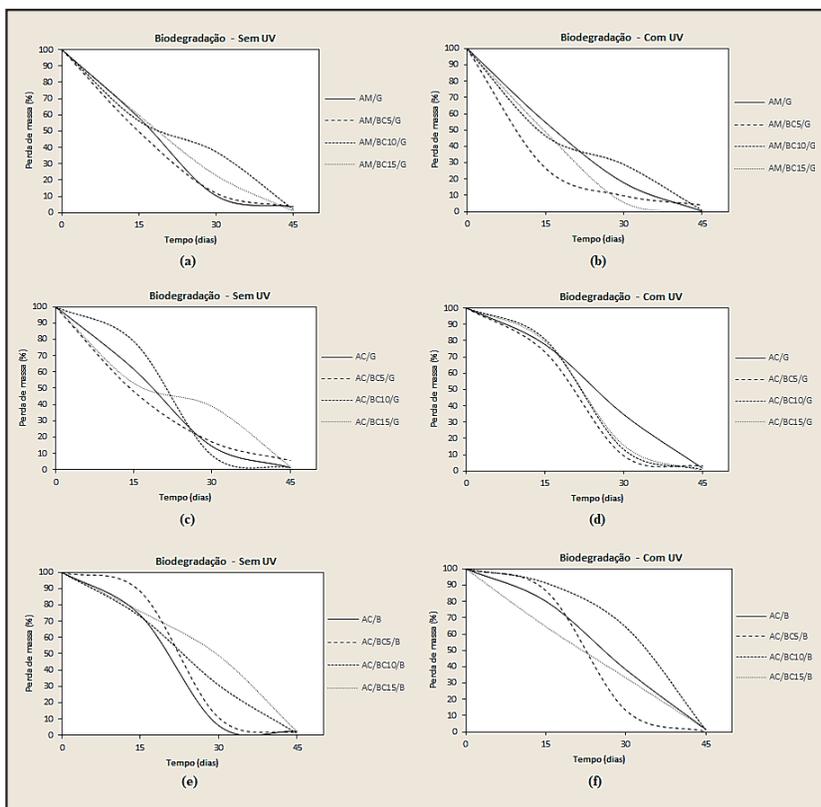


Figura 8 - Análise de perda de massa na biodegradação dos filmes com e sem exposição em luz UV para as diferentes formulações.

Nas Figuras 8a e 8b estão representadas as perdas de massa dos filmes de amido de milho e glicerol, sem e com exposição a UV, respectivamente. Foi possível observar que ambos apresentaram alta degradação em 15 dias, aproximadamente 50% de perda de massa e, ao longo de 30 e 45 dias apresentaram algumas variações, entretanto, com massa residual final de aproximadamente 1,9%. Nas Figuras 8c e 8d estão representadas as perdas de massa das formulações de amido de chuchu e glicerol, sem e com exposição a UV, respectivamente, onde é possível observar que em ambos houveram algumas variações, porém, os filmes com exposição à UV apresentaram uma degradação mais lenta nos primeiros 15 dias, de aproximadamente 77,8%. Uma alta degradação foi observada ao chegar em 30 dias, de 18,2% de massa dos filmes. Ambos apresentaram massa residual final de aproximadamente 2%. As Figuras 8e e 8f representam as perdas de massa dos filmes de amido de chuchu e glicerol, sem e com exposição a UV, respectivamente, em que ambos também apresentaram variações, mas para os filmes sem exposição a UV, a perda de massa inicial foi mais lenta (77,8% aproximadamente) e em 30 dias a perda de massa foi mais rápida (24,1% aproximadamente). A massa residual final de ambos foi de aproximadamente 1,3%.

Com base nesses dados, foi possível visualizar que em 30 dias a maioria das formulações já degradaram por completo. Isto ocorreu devido aos filmes apresentarem características de alta hidrofiliçidade, fato que foi comprovado ao colocar os filmes em contato com a água.

4 | CONCLUSÕES

Apesar do amido de chuchu apresentar baixo rendimento de extração, sua produção por hectare é alta, mantendo a quantidade de amido extraído por hectare equivalente ao amido de milho e ao amido de mandioca, além de possuir preço por quilo mais baixo. O intuito de se utilizar o óleo de buriti como plastificante e de acrescentar borra de café como fibra (para dar reforço ao material) foi para verificar o desempenho de componentes naturais na formulação de um filme plástico, bem como realizar acetilação da fibra natural para maior compatibilidade com a matriz polimérica.

Neste trabalho foram confeccionados filmes em diferentes formulações variando entre amido de milho e amido de chuchu, glicerol e óleo de buriti, e em diferentes porcentagens de borra de café e para avaliar as características dos dois tipos de amido e dos filmes foram realizadas análises de solubilidade e absorção de água, calorimetria exploratória diferencial, termogravimetria, degradação acelerada por luz UV, biodegração, entre outras. O amido de chuchu apresentou potencial uso para aplicação na produção de filmes, com características térmicas semelhantes ao amido de milho. Apresentando também maior solubilidade em água e menor absorção de água quando comparado com o amido de milho. A incorporação da borra do café reduziu o ponto de fusão dos filmes com o amido de milho, entretanto, a sua adição nos filmes de amido de chuchu elevou o ponto de fusão. Seu comportamento na biodegradação foi semelhante das formulações sem a fibra, visto que a biodegradação foi influenciada mais pela hidrofiliçidade do amido.

O uso do óleo de buriti como plastificante nas formulações de amido de chuchu

apresentou comportamentos semelhantes aos filmes com o glicerol, porém, nas formulações com o amido de milho, não foi evidenciado efeito plastificante. De acordo com a finalidade desejada neste estudo para embalagens, a formulação que se adequou melhor foi a de amido de chuchu com buriti e 5% de borra de café (AC/BC5/B) apresentando boa estabilidade térmica e biodegradação.

Para trabalhos futuros é sugerido realizar análises de infravermelho para avaliação da composição química dos dois tipos de amido e verificar se há ou não diferença que pode influenciar na compatibilidade com o tipo de plastificante utilizado. Também se faz necessário a realização de análises de resistência dos filmes, a fim de quantificar o reforço da borra do café. Análises morfológicas do amido se mostrarão interessantes a fim de verificar a diferença de absorção de água e solubilidade em água dos diferentes tipos de amido, bem como realizar análises com diferentes quantidades de amido e variação de temperatura.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. M. D. **Desenvolvimento de um biopolímero de fécula de mandioca para isolamento térmico**. Orientador: Prof. Dr. José Ubiragi de Lima Mendes. 2017. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, 2017.

AZEVEDO, L. C.; DE SÁ, A. S. C.; FUNGARO, D. A. **Propriedades do amido e suas aplicações em biopolímeros**. *Cadernos de Prospecção*, v. 11, p. 351, 2018.

BRUNO, G. U. **Avaliação da degradação natural e acelerada de revestimentos orgânicos**. Orientador: Prof. Dr. Álvaro Meneguzzi, 2018. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2018.

CARDOSO, G. L. B.; BONSE, B. C. **Composto de pp com borra de café**. *IX Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais da FEI*. São Bernardo do Campo, 2019. Disponível em: https://fei.edu.br/sites/sicfei/2019/materiais/SICFEI_2019_paper_83.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.

COELHO, G. O. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biopoliméricos compostos majoritariamente por galactomananas recuperadas da borra de café**. Orientador(a): Prof. Dr. Leandro Soares de Oliveira. 2019. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2019.

CONAB. **Acomp. safra brasileira de café – Safra 2020 - Primeiro levantamento**, v. 6, n. 1, Brasília, p. 1-62, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/30380_d1e1f36c2356b81e8a385cd24f05993b. Acesso em: 10 abr. 2020.

COSTA, D. M. A.; SANTOS, A. F.; SILVA, E. D.; SILVA, I. A. **Desenvolvimento de caracterização de filmes à base de amido de feijão maciçar (*Vigna unguiculata* (L.) Wap)**. *Holos*, v. 7, p. 2-16, 2017.

COSTA, F. A. T.; BARDI, M. A. G. **Avaliação da biodegradação da blenda poli (butileno adipato co-tereftalato)/amido termoplástico em diferentes condições de solo simulado**. *Ensaio USF*, v. 2, n. 1, p. 53-65, 2018.

CRUZ, R. **Isolamento, caracterização e modificações de amido de chuchu (*Sechium edule*, Swartz)**. Orientador: Prof. Dr. Ahmed Athia El-Dash. 1982. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos e Agrícola) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Unicamp, Campinas, 1982.

- DIAS, S. M. F. **Compósitos de PVC com resíduos de café**. Orientador: Prof. Dr. Fernando Moura Duarte. 2015. Tese (Mestrado em Engenharia de Polímeros) – Universidade do Minho, UMINHO, Braga (Portugal), 2015.
- FERREIRA, M. S. **Monômeros sintetizados a partir de óleos vegetais para ROMP catalisada por complexos de rutênio: estudo térmico, microestrutural e de intumescimento dos polímeros obtidos**. Orientador: Prof. Dr. Benedito dos Santos Lima Neto. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2018.
- FERREIRA, J. P. S.; SANDER, A. K.; MOECKE, E. H. S. **Pré-tratamento da borra do café para obtenção de bioetanol**. *RExLab – Laboratório de Experimentação Remota da Unisul*. 2020. Disponível em: http://rexlabs.unisul.br/sistemas/doc_pro/resumo_expandido_5d560983cb215.pdf. Acesso em: 18 mai. 2020.
- FONSECA, L. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de batata (*Solanum tuberosum* L.) para aplicação em embalagens de alimentos**. Orientador: Alexandre Ferreira Galio. 2015. Tese (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa, Unipampa, Bagé, 2015.
- GOMES, L. R. **Curva cinética de carboidratos de grãos de milho verde cultivado sob adubação nitrogenada e potássica**. Orientador: Profa. Dra. Márcia Roseane Targino de Oliveira. 2018. Tese (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, 2018.
- LAPA, L. S. S.; OLIVEIRA SILVA, Y. R.; SALES, P. F. **Aplicação das análises espectroscópicas e termogravimétricas em filmes biodegradáveis de amido de milho incorporados com extrato de própolis-verde**. *ForScience*, v. 8, n. 2, p. e00712-e00712, 2020.
- LIMA, N. B. F., SILVA, L. B., BORGES, M. V., NEVES, R. R., VERA, R., FERREIRA, G. A. **Caracterização do amido de araruta orgânica e potencial para aplicação tecnológica em alimentos**. *Desafios-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins*, v. 6, n. Especial, p. 118-126, 2019.
- MEI, L. H.; OLIVEIRA, N. **Caracterização de um compósito polimérico biodegradável utilizando Poli (ϵ -caprolactona) e borra de café**. *Polímeros*, v. 27, n. SPE, p. 99-109, 2017.
- ONU. **O que as empresas estão fazendo para frear a torrente de plásticos?**. *Organização das Nações Unidas*. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/o-que-as-empresas-estao-fazendo-para-frear-a-torrente-de-plasticos/>. Acesso em: 09 abr. 2020.
- ONU. **FAO lista cinco maneiras de reduzir nossa dependência do plástico**. *Organização das Nações Unidas*. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-lista-cinco-maneiras-de-reduzir-nossa-dependencia-do-plastico/>. Acesso em: 09 abr. 2020.
- PAULINO, J. A.; **Caracterização de filmes de amido de pinhão com atividade antimicrobiana**. Orientador(a): Profa. Dra. Denise Milléo Almeida. 2016. Tese (Tecnólogo em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Ponta Grossa, 2016.
- RODIGUES, A. A. M.; FERNANDO DA SILVA, A.; DA COSTA, R. R.; DE MELO SILVA, S.; DE LIMA, M. A. C. **Caracterização química e óptica de amidos extraídos de diferentes fontes**. Anais da II Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido. Petrolina, p. 329-334, 2017.
- SANTOS, I. R. **Efeito da germinação no amido, proteína e digestibilidade do trigo**. Orientador: Profª Drª Alicia de Francisco. 2018. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2018.

SCHLEMMER, D., SALES, M. J. A., RESCK, I. S. **Preparação, caracterização e degradação de blendas PS/TPS usando glicerol e óleo de buriti como plastificantes.** *Polímeros*, v. 20, n. 1, p. 6-13, 2010.

SCHLEMMER, D. **Estudo das propriedades de nanocompósitos amido/montmorilonita utilizando óleos vegetais como plastificantes.** Orientador: Profa. Dra. Maria José Araújo Sales. 2011. Tese (Doutorado em Química) – Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2011.

SILVA, L. S. C., MARTIM, S. R., DE SOUZA, R. A. T., MACHADO, A. R. G., TEIXEIRA, L. S., DE SOUSA, L. B., VASCONCELLOS, M. C., TEIXEIRA, M. F. S. **Extração e caracterização de amido de espécies de Dioscorea cultivadas na Amazônia.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, v. 14, n. 3, p. 439-452, 2019.

SILVANO, L. R. **Estudo da influência do tipo de água nas características físico-químicas de tintas imobiliárias.** Orientador: Prof. José Luiz Westrup, 2018. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2018.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos.** Orientador: Prof. PhD. Rubén J. Sánchez Rodríguez. 2016. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes, 2016.

VIEIRA, A. F. **Extração e caracterização de amidos de diferentes fontes vegetais e uso em produto alimentício.** Orientador: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha. 2019. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análises 21, 22, 24, 26, 30, 122, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 161, 191, 204, 207, 208, 217

Antioxidante 122, 156, 157

Aplicação 22, 28, 30, 47, 48, 50, 51, 54, 57, 59, 60, 62, 64, 81, 83, 86, 107, 109, 110, 114, 115, 119, 131, 133, 134, 135, 142, 148, 149, 156, 170, 171, 172, 187, 188, 190, 211, 217

Aquisição 31, 33, 47, 58, 59, 60, 61, 64

B

Bioplástico 122

C

Casca de banana 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 197, 198

Celulose 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 155

Ciclo de vida 136, 146

Computador 48, 54

Corantes 187, 189, 193, 195, 196, 197, 198

Cosméticos 83, 148, 149, 151, 152, 158, 159, 187, 188

D

Dados 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 59, 60, 61, 62, 64, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 122, 131, 145, 146, 151, 163, 167, 168, 170, 174, 181, 183, 190, 191, 193, 194, 214, 218

defletores 85

Desenvolvimento 21, 23, 24, 30, 31, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 54, 57, 58, 60, 64, 76, 81, 83, 95, 98, 108, 119, 120, 122, 132, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 157, 158, 159, 160, 162, 174, 175, 185, 188, 199, 200, 203, 206, 207, 218, 220

Dimensionamento 80, 81, 177, 178

E

Eficiência 21, 49, 59, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 97, 100, 109, 114, 161, 162, 164, 173, 188, 213, 219, 220

Efluentes industriais 187, 198

Energia 48, 58, 59, 60, 63, 64, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 84, 95, 121, 135, 136, 137, 177, 189, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 217, 219

Energia Solar 70, 71, 72, 73, 82

G

Géis 151, 155, 157

GPS 4, 33, 34, 36, 37, 38, 44, 46

I

Impelidores 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94

Indústria 4.0 30, 162, 163, 165, 173

Informação 23, 26, 27, 36, 37, 57, 68, 162, 169, 181, 218

Inteligência artificial 220

IoT 21, 22, 30, 38, 49, 68, 162, 163

I-Pai Wu 177

K

K-means 28, 29

L

Linha de produção 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171

M

Microcontrolador 30, 31, 37, 38, 39, 40, 47, 49, 57, 168

Microdrenagem 7, 174, 175, 177, 179, 184, 185

Modelagem 34, 59, 68, 82, 95, 98, 100, 105, 220

Modelo matemático 95, 98, 101, 105

Monitoramento 19, 33, 34, 49, 58, 60, 64, 161, 162, 163, 167, 169, 170, 171, 173, 175

N

Nanotecnologia 108

O

Óleo de café 148, 151, 154, 155, 157, 160

P

Papel 107, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 151, 189, 202

Piezoelétrico 58, 59, 60, 63, 64, 68

Programação 38, 40, 41, 47, 48, 49, 54, 55, 57, 100, 101, 173

R

Rastreamento 33, 34, 39, 45, 83, 88

Rastreamento de partículas 83

Reator 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 204

Rede neural 21, 24, 25

Rendimento 82, 97, 98, 99, 100, 120, 121, 123, 126, 131, 164, 192, 197

Rolhas de pallets 139

S

Saúde 203, 208, 217, 219

Simulação 34, 39, 64, 67, 75, 76, 77, 95, 100, 104, 105, 145, 171, 220

Solubilidade 120, 123, 126, 131, 132, 210

T

Testes comportamentais 21, 24

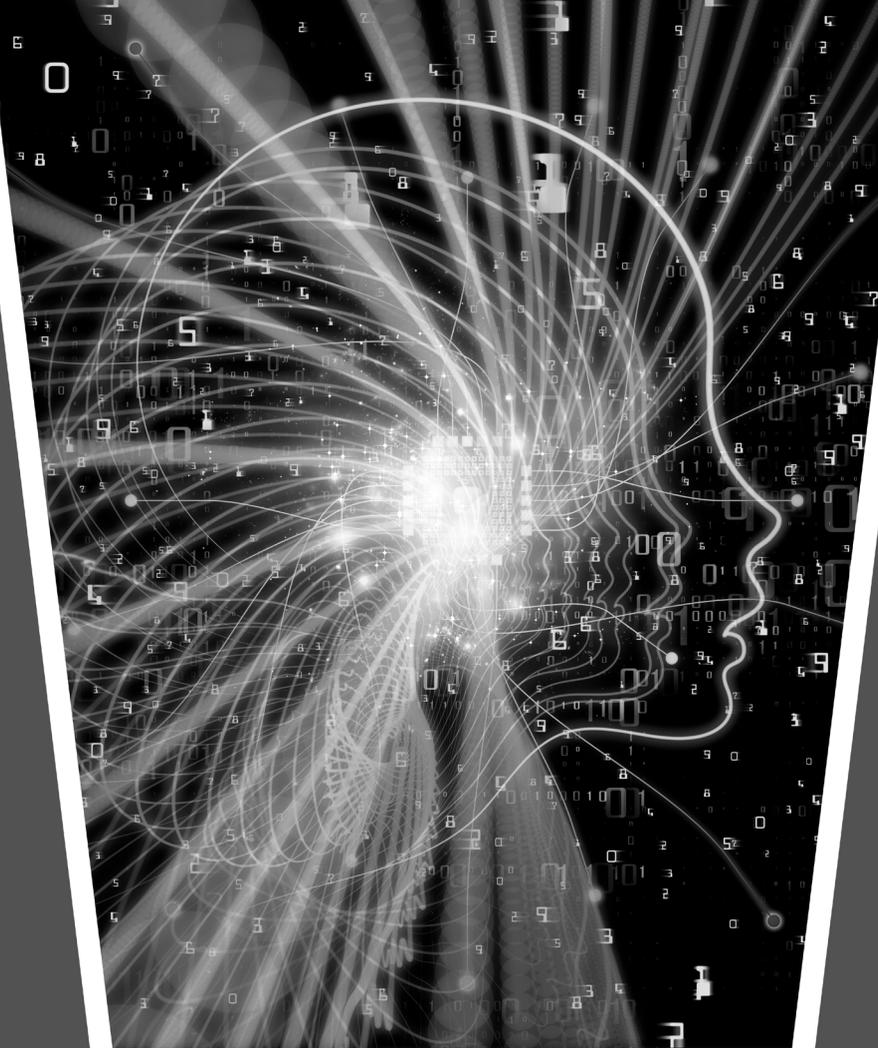
Transformação digital 163

V

Veículos 33, 34, 64

Virtual 12, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Vórtices 84, 85, 91



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



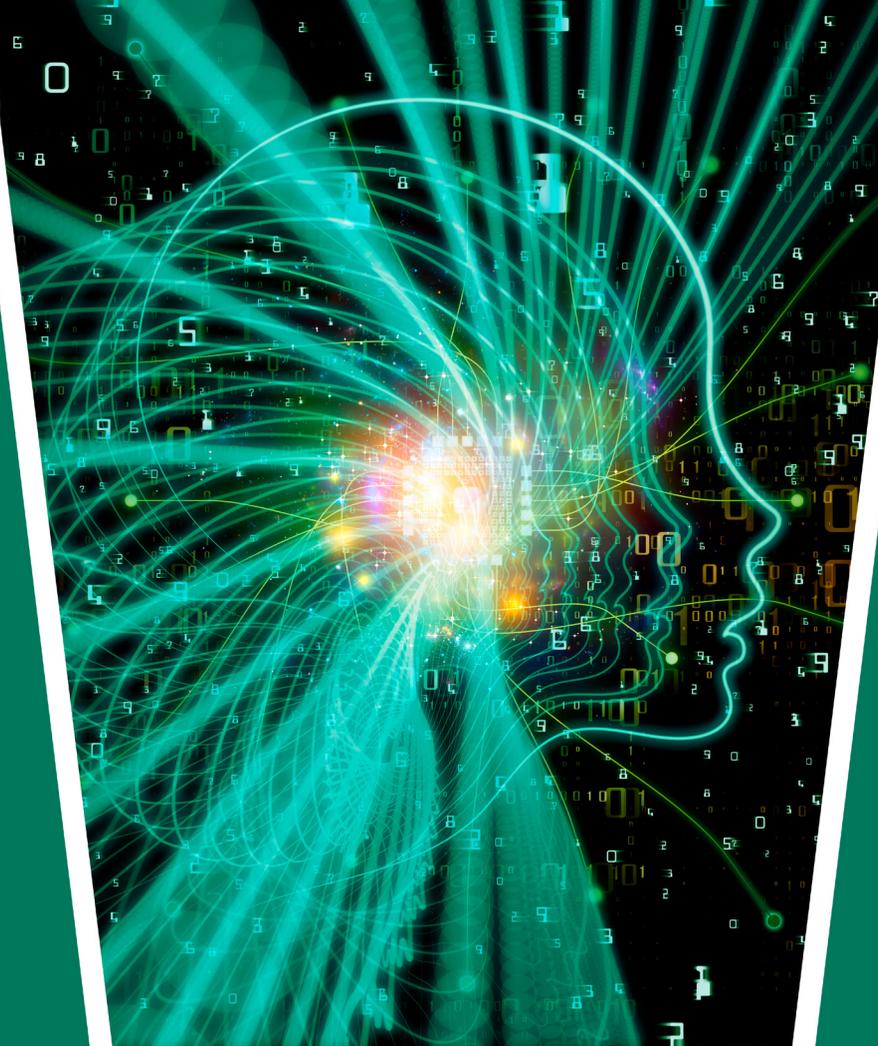
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

 www.arenaeditora.com.br
 contato@arenaeditora.com.br
 @arenaeditora
 www.facebook.com/arenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021