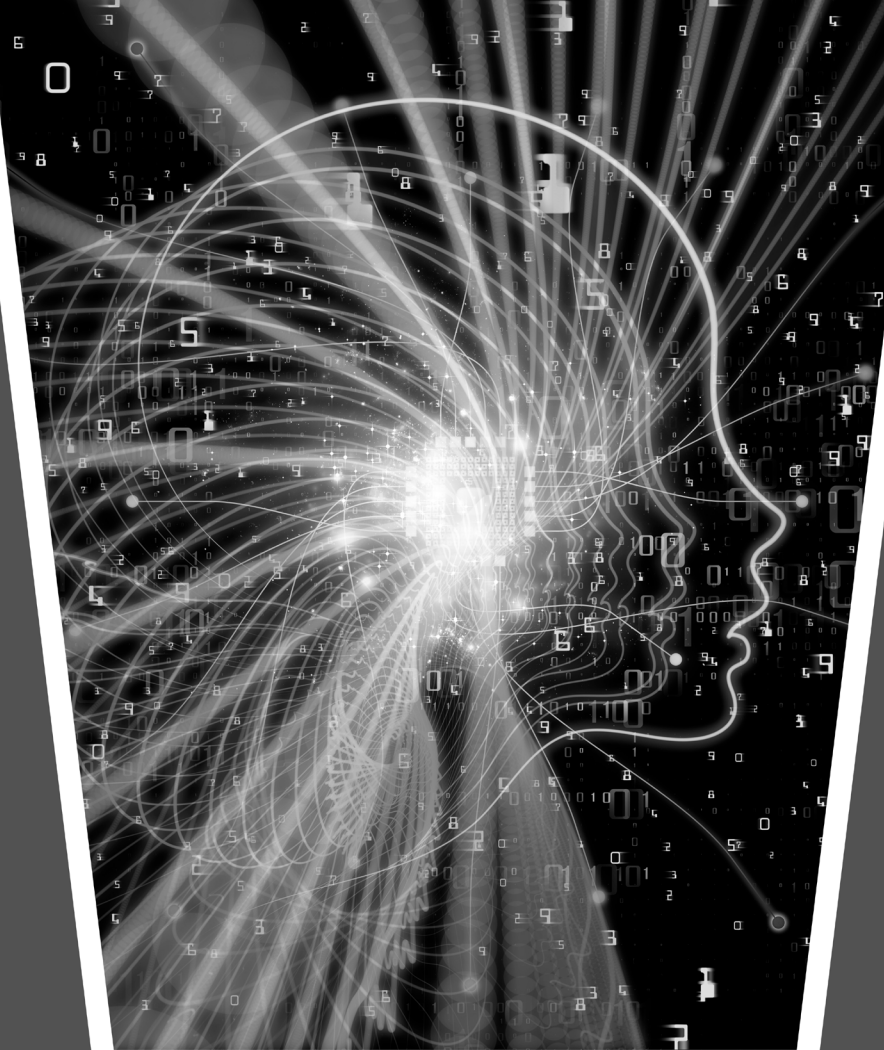


# Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

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

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

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

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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



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

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A 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**

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
AMBIENTE DE APRENDIZADO PARA ESTUDO DE MÁQUINAS VIRTUAIS EM SISTEMA EMBARCADO	
Renan Romão Oliveira Regimar Francisco dos Santos Glaucilene Ferreira Catroli Fábio Andrijauskas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9982113045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
GERADOR DE ENERGIA PIEZOELÉTRICO: AQUISIÇÃO, MONITORAMENTO E CONDICIONAMENTO DO SINAL GERADO	
Darilson Francisco das Dores Antunes Vicente Idalberto Becerra Sablón	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9982113046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>70</b>
SUORTE PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO COM INCLINAÇÃO VARIÁVEL	
Felipe de Marco Costa Rafael Aparecido Bragante Annete Silva Faesarella Filipe Alves Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9982113047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>83</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9982113048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>95</b>
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO CONTÍNUA EM MICRO BIORREATOR	
João Paulo Fioritti Godoy Guilherme Brandão Silva Filipe Alves Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9982113049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>107</b>
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**



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

## CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVEDOR DE PIGMENTOS DE MEIO AQUOSO

*Data de aceite:* 16/03/2021

*Data de submissão:* 15/01/2021

### **Gláucia Rodrigues**

Universidade São Francisco  
Engenharia Química  
<http://lattes.cnpq.br/7046102711936799>

### **Brenda Gabriela**

Universidade São Francisco  
Engenharia Química  
<http://lattes.cnpq.br/5186003290762744>

### **Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe**

Universidade São Francisco  
Engenharia Química  
<http://lattes.cnpq.br/0347184334616712>

**RESUMO:** A adsorção, operação unitária de transferência de massa, é um dos métodos mais aplicados para o tratamento de efluentes líquidos e gasosos, para remoção de contaminantes do meio, inclusive de efluentes industriais de diversos setores, como os têxteis e cosméticos, que têm provocado danos ao meio ambiente devido à alta concentração de corantes que, se não são devidamente tratados, causam graves problemas de contaminação ambiental. A casca de banana, usada como adsorvente reduz o destino a aterros dos resíduos de escolas, lanchonetes etc. Assim, este projeto de pesquisa visou o estudo de resíduos orgânicos com estrutura porosa, a casca de banana, como potencial bioadsorvedor de corantes presentes em meio líquido. As etapas de preparação do material envolveram lavagem, ativação do material com solução natural, de

ácido clorídrico e solução de hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio, secagem ao sol e em estufa a 65°C. Ao término o material foi triturado, obtendo-se um pó. Caracterizou-se o material obtido pela granulometria e MEV. As isotermas foram obtidas para dois tipos de corantes, o Amarelo de Tartrazina e o Azul Índigo para a temperatura ambiente e fria (10°C). Classificou-se a adsorção obtida como fisissorção pela aplicação de modelos matemáticos de Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin-Radushkevich. E por fim, concluiu-se que a casca de banana pode ser utilizada como bioadsorvente para o Amarelo de Tartrazina, sendo melhor a baixas temperaturas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluentes industriais, adsorção, biossorventes.

### BANANA SHELL AS A BIOADSORPOR OF WATER PIGMENTS

**ABSTRACT:** Adsorption, a unitary mass transfer operation, is one of the most applied methods for the treatment of liquid and gaseous effluents, to remove contaminants from the environment. This includes industrial effluents from various sectors, such as textiles and cosmetics, which have caused damage to the environment due to the high concentration of dyes that, if not properly treated, cause serious problems of environmental contamination. Banana peel, used as an adsorbent, reduces the destination of waste from schools, cafeterias, etc. Thus, this research project aimed at the study of organic residues with porous structure, the banana peel, as a potential bioadsorber of dyes present in liquid medium. The material preparation steps involved washing, activating the material with natural solution, hydrochloric acid and sodium hydroxide and sodium bicarbonate solution, drying in the

sun and in an oven at 65 ° C. At the end, the material was crushed, obtaining a powder. The material obtained by granulometry and SEM was characterized. Isotherms were obtained for two types of dyes, Tartrazine Yellow and Indigo Blue for room and cold temperature (10 ° C). The adsorption obtained as a physisorption was classified by the application of mathematical models by Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin and Dubinin – Radushkevich. Finally, it was concluded that the banana peel can be used as a bio-adsorbent for Tartrazine Yellow, being better at low temperatures.

**KEYWORDS:** Industrial effluents, adsorption, biosorbents.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água, recurso essencial para a vida, é importante para diversos setores, tal como o industrial, que compreende unidades fabris de tecidos, alimentos, fármacos, cosméticos, entre outros. Segundo estudo da Agência Nacional de Água (ANA), a indústria de transformação ocupa a terceira colocação quando se fala em consumo de água, ficando atrás somente do abastecimento urbano e da atividade de irrigação agropecuária. Uma vez consumido este recurso hídrico, ele precisa ser descartado, e em muitas das vezes é despejado de forma clandestina em rios e córregos. De forma estimada são cerca de 10 milhões de litros de água por hora, que afetam o meio ambiente, alterando a característica da água, causando a redução do oxigênio dissolvido, alteração na fauna aquática e de ecossistemas, até mesmo a total inutilização da água para uso recreativo e abastecimento (GAMA, 2017).

Os efluentes líquidos provenientes principalmente da indústria têxtil e cosmética, carregam grande quantidade de metais na forma de pigmentos utilizados nos processos de coloração e tingimento. Neste contexto viu-se a necessidade de um estudo voltado ao tratamento destes efluentes de forma a minimizar os impactos desses contaminantes no meio ambiente. Sendo o desenvolvimento e aplicação de materiais que visem a melhoria de processos uma das vertentes da engenharia química, pode-se destacar a adsorção como a operação unitária capaz de auxiliar neste processo, que através da transferência de massa reduz os poluentes presentes em meios líquidos e gasosos.

O processo da adsorção consiste em um material adsorvente retirar do meio um soluto, que pode ser um contaminante ou um material de interesse. O material adsorvente precisa conter algumas características como porosidade e seletividade ao soluto. A indústria sempre busca materiais que tenham maior eficiência e incentivam pesquisas no ramo, sejam elas internas ou em parcerias com universidades.

Um outro problema enfrentado pela humanidade, hoje, é a excessiva produção de lixo. O aumento da população, provoca o elevado consumo de alimentos, e, conseqüentemente, do descarte de materiais orgânicos. A casca de banana é resíduo orgânico amplamente produzido principalmente nas creches e escolas que descartam grandes quantidades deste material, quando unida a outros resíduos fibrosos de seu processamento este resíduo pode chegar até 40% do fruto (ALKARKHI; SHIN; MAT, 2011). Sua estrutura apresenta características essenciais aos adsorventes: a porosidade. Ademais, quando submetidas a um processo de ativação, adquirem a característica de reter compostos. Quando atingem essas características, esses compostos orgânicos passam a ser denominados de

bioadsorventes.

Devido a esses dois fatores, os bioadsorventes têm sido alvo de estudos que visam determinar qual o melhor meio de ativação, concentração, além de condições operacionais, para que assim possam ser projetados para a escala industrial.

Neste âmbito, desenvolveu-se este trabalho que promoveu a ativação da casca de banana em meio ácido e básico, com o objetivo de identificar qual o melhor método. Foi também realizada a construção de isotermas para verificar a efetividade do processo de adsorção para dois diferentes cores – amarelo e azul – em duas temperaturas, para verificar sua influência. Foram utilizados modelos de dispersão para identificar parâmetros do sistema.

O presente trabalho, visa não somente o tratamento de resíduos líquidos, mas também propõe a reutilização da casca de banana como um bioadsorvente ou biosorvente. Segundo estudos, essa fruta popularmente conhecida e consumida, apresenta propriedade adsorvente capaz de reter partículas contaminantes em meio líquido. Sua utilização agrega valor a um material que pode assumir uma nova funcionalidade além da conhecida compostagem, reduzindo seu descarte em aterros, minimizando a produção de chumbo, proliferação e doenças e contaminação do meio ambiente.

Assim, o estudo aqui desenvolvido espera promover a utilização de um resíduo orgânico, casca de banana, como material adsorvente para a remoção de corantes de efluentes líquidos industriais

A adsorção caracteriza-se pela movimentação de um soluto através de um meio, sendo este meio líquido ou gasoso, para um meio sólido (ALMEIDA, 2016). O processo de adsorção associado ao de clarificação atua na remoção de cor; remoção de odor desagradável que são causados por compostos e são inadequados a um produto; age também na purificação de ar e gases; ajuda a recuperar reagentes; atua na separação ou no processo de purificação de produtos da indústria de alimentos e farmacêutica, sendo estes produtos de alto valor; e desempenha importante papel no reciclo de águas residuais (TADINI *et al.*, 2016).

Ao atingir o adsorvente, o soluto sofre a ação de forças de atração que o mantém ligado ao adsorvente. Tais forças podem ser caracterizadas como físicas ou químicas (TADINI *et al.*, 2016; CREMASCO *et al.*, 2014).

A capacidade adsorviva é muito influenciada pela temperatura, independentemente do tipo de adsorvente utilizado, uma vez que esse processo é exotérmico, em sua maioria. Ao ser adsorvida, a molécula precisa reduzir seu teor energético, pois tende a perder parte de sua mobilidade, sendo assim libera energia (BARADEL, MUNHOZ, FLAIBAM, 2017). Logo, menores temperaturas são favoráveis à adsorção.

Outro fator que influencia no processo adsorvivo é a porosidade do adsorvente. Assim, quanto maior a superfície de contato, maior a adsorção, e conseqüentemente o adsorvente deve ser poroso e essa porosidade deve ser adequada ao soluto, proporcionando maior afinidade de interação moléculas e tamanho de poro adequado (TADINI *et al.*, 2016).

Segundo NASCIMENTO (2014), o processo de adsorção de transferência de massa ocorre até que o equilíbrio seja alcançado. Para que isso ocorra é necessário que uma certa quantidade de adsorvente (sólido) entre em contato com solução contendo o adsorvato

(soluto adsorvível). Nessa interação há a tendência de que a moléculas e íon atraídos pelo adsorvente a ele se aderem e até que a concentração da solução se mantenha constante. De acordo com MOREIRA (2008), conhecendo-se esses dados é possível construir gráficos de isoterma de adsorção e a partir da análise de suas formas, obter informações a respeito dos mecanismos adsorptivos e processos de adsorção.

Dentre os modelos existentes para explicar a adsorção, utilizam-se os modelos de Langmuir e Freundlich, que são isotermas mais simples para dados experimentais (TADINI *et al.*, 2016) e representam a adsorção em meio líquido. Outras equações de isotermas que podem ser desenvolvidas são as de Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin–Radushkevich (ALI; HULYA, 2010; MCKAY, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 2011; SOUSA NETO, 2011).

A banana é cultivada em muitos estados brasileiros, a banana é uma fruta popularmente consumida (FRANCISCO, 2011). Considerada como poluente, a casca da banana apresenta propriedades adsorventes, capaz de adsorver metais, compostos orgânicos (BONIOLO, 2005) e pigmentos (MARTINS *et al.*, 2015). A casca da banana representa cerca de 47 a 50% em peso da fruta madura, na qual não existe nenhuma aplicação de ordem industrial para seu consumo, sendo ocasionalmente oferecida como alimento de animais. Sua composição centesimal é 75% de água e 25% de matéria seca (GONDIM *et al.*, 2005).

A utilização da casca da banana como bioadsorvente contribui para a solução de dois problemas conhecidos, a biomassa residual que passa a ser retirada dos locais de despejo e os efluentes que podem ser devidamente tratados com a reutilização desse material (BONIOLO, 2005). No processo de formação da banana, sítios de adsorção presentes na sua casca já são ocupados por íons metálicos, logo, precisam de adequada remoção (CRUZ, 2009). Frente a essa necessidade, deu-se o surgimento de biossorventes de origem de restos de materiais da agroindústria para remediação.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Ativação das cascas de banana

As cascas de banana foram ativadas segundo Martins, *et al.* (2015). Realizou-se a coleta do material em escolas que servem este alimento às crianças. Inicialmente, realizou-se a lavagem em água destilada, uma vez que as cascas de banana e em seguida, as cascas foram cortadas em pedaços de cerca de 5 cm para serem submetidas à ativação em meio ácido, básico ou natural (água destilada).

Primeiro realizou-se a ativação do material em solução ácida de ácido clorídrico (HCl) a 0,5 mol/L. As cascas de banana foram submersas em solução ácida com constante agitação (manual), por 2 horas. Ao término foram submetidas ao processo de lavagem por banho de imersão, procedimento necessário para retirar todo o resíduo do meio de ativação que ficou nos poros. Realizou-se a lavagem deixando o material em descanso na água e trocando-a a cada 30 minutos, por 4 vezes.

Ao encerrar este processo, submeteu-se o material à etapa de secagem. Utilizando-se recipientes amplos, expôs-se o material à luz do sol, por 3 dias, a fim de totalizar 20

horas de exposição). Então, secou-se o material em estufa a 65°C durante dois períodos de 12 horas com descanso de 12 horas. Com as cascas já secas, triturou-as em liquidificador, obtendo-se um pó resultante do material.

A ativação em meio básico foi realizada com o mesmo procedimento. A solução utilizada foi a de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,5 mol/L e uma solução de bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) também a 0,5 mol/L

## 2.2 Caracterização das amostras

Para verificar a estrutura do material adsorvente obtido, foi realizada análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi utilizado o Microscópio da Phenon World, modelo Pro X, com configuração de alta tensão de aceleração (15kV). As análises foram realizadas para a casca de banana nos meios ácido e básico (hidróxido de sódio). Para analisar a caracterização do material particulado quanto ao tamanho da partícula, foram realizadas análises granulométricas por meio de peneiramento para cada tipo de tratamento do bioadsorvente. Foi utilizado o agitador de peneiras Solotest com 6 peneiras de respectivamente 8, 10, 16, 30, 50 e 200 Mesh.

## 2.3 Obtenção das Isotermas

A construção das Isotermas de Adsorção foi realizada com 11 dados para cada curva. Cada curva foi obtida para um volume de 50 mL de solução com concentração 13 mg/L de Amarelo de Tartrazina e 676 mg/L de concentração para o Azul Índigo Foram variadas as massas de adsorvente (em gramas): 0,05; 0,06; 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,15; 0,17; 0,19; 0, 21; 0,23. A solução com o adsorvente permaneceu em constante agitação por 1 h. Ao término do tempo de contato, as amostras foram filtradas e o meio líquido foi analisado em espectrofotômetro. Realizou-se o procedimento com a temperatura ambiente, cerca de 26°C e em banho de gelo a 10°C. A partir destes dados, foram construídas as curvas de isotermas e aplicados modelos matemáticos.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Ativação da casca de banana

As ativações realizadas em meio ácido apresentaram alteração na coloração da solução que inicialmente apresentou-se incolor e, posteriormente, assumiu coloração levemente marrom com aspecto turvo. Na ativação em meio básico com NaOH, também se observou alteração na coloração da solução que inicialmente apresentou-se incolor e posteriormente assumiu coloração marrom intensa com aspecto turvo. As cascas passaram a escurecer e atingiram tom verde-escuro. A base pode ter acelerado o processo de decomposição da casca de banana. Na batelada para a preparação do material na ativação com bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), notou-se um escurecimento das cascas do seu contorno em direção ao centro, que se manteve com o aspecto característico da casca de banana, com coloração amarela, mas não foi observada a degradação obtida quando utilizou-se NaOH. A ativação em meio neutro, foi realizada para verificar a importância da ativação, seja ácida ou básica. Neste processo, observou-se alteração na coloração



da solução que inicialmente apresentou-se incolor e posteriormente assumiu coloração marrom com aspecto levemente turvo. As cascas passaram a escurecer num tom de marrom-escuro, provavelmente devido a um processo de oxidação da casca.

A Tabela 1 apresenta o rendimento mássico obtido nas ativações realizadas. Diante dos resultados obtidos, o melhor rendimento do material ocorreu em meio ácido, sendo este de 6,62%. A diferença encontrada no rendimento, pode ser devido à conservação das cascas de banana, as quais são provenientes de uma escola, isto é, a banana consumida poderia estar mais ou menos madura, o que causaria essa diferença.

	Meio ácido	Meio básico NaOH	Meio básico NaHCO <sub>3</sub>	Meio natural
Massa inicial in natura	1489,17g	2398g	3500g	1123,43g
Massa final (pó)	98,60g	61,6609g	149,80g	60,06g
Rendimento	6,62%	2,57%	4,28%	5,35%

Tabela 2 – Rendimento mássico da casca de banana preparada em diferentes meios.

### 3.2 Caracterização do bioadsorvente obtido

A caracterização do material bioadsorvente foi feita em análise de imagem pela microscopia eletrônica de varredura (MEV) e em dimensão pela determinação do tamanho médio do material obtido utilizando a ferramenta da distribuição granulométrica. Na Figura 2, observa-se a superfície do material submetido aos seus respectivos meios de ativação, com resolução de 200 $\mu$ m. O material ativado em meio ácido (Figura 2a), apresentou menor dano em sua superfície. Em contrapartida, a ativação em meio básico, causou danos severos à casca de banana (Figura 2b), apresentando sensibilidade à ação de uma base forte.

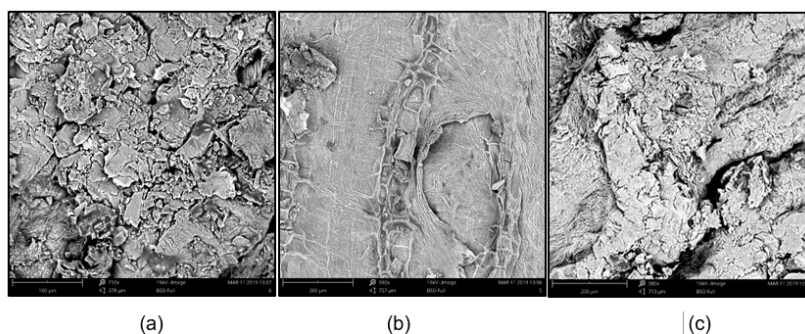


Figura 2 – MEV Casca de banana em (a) meio ácido, (b) meio básico, (c) meio natural

A Tabela 3 apresenta a distribuição granulométrica realizada nas ativações em meio ácido, básico e aquoso, respectivamente.

Peneira (mesh)	Di (mm)	Massa Casca Banana (g) em meio ácido (HCl)	Massa Casca Banana (g) em meio básico (NaOH)	Massa Casca Banana (g) em meio aquoso (água destilada)
8	2,360	3,763	3,410	5,910
10	2,000	3,248	3,048	4,854
16	1,180	19,278	14,417	16,841
30	0,600	36,184	20,037	11,608
50	0,300	11,021	7,341	3,621
200	0,075	10,911	0,862	2,828
Fundo		0,0980	-----	0,1632

Tabela 3 – Análise granulométrica – Casca de banana.

Com esses dados, calcularam-se os diâmetros médios da casca de banana tratada em ácido,  $0,76 \pm 0,09$  mm, em meio básico com NaOH,  $0,92 \pm 0,1$  mm e somente com a água,  $1,13 \pm 0,13$  mm. Este resultado mostra que a alteração do meio de tratamento do adsorvente contribuiu para diminuir seu tamanho e aumentar a área de contato com o meio a ser adsorvido.

### 3.3 Isotermas de Adsorção

As isotermas para o Amarelo de Tartrazina foram obtidas à temperatura ambiente e a  $10^{\circ}\text{C}$  (Figura 3a), utilizando-se o bioadsorvente obtido nas quatro diferentes ativações, enquanto que para o Azul Índigo, à temperatura ambiente (Figura 3b).

Na análise do comportamento adsorptivo do material ativado em cada meio e diferentes corantes, notou-se que o processo adsorptivo não ocorreu de maneira satisfatória com os materiais ativados nos meios básico e neutro. Em meio básico acredita-se que a degradação do material seja um fator importante pois a ação corrosiva da base forte NaOH que pode ter atingido os sítios ativos do material destruindo-os, além disso as soluções que continham essas amostras apresentaram muita turbidez e escurecimento, inviabilizando a leitura em espectrofotômetro. A base fraca ( $\text{NaHCO}_3$ ) apresentou resultados similares, o que indica que a ativação básica não é eficiente para nenhum desses corantes. Quanto ao material ativado em meio aquoso (neutro), nota-se que não houve qualquer interação, o que comprova que não é possível obter ativação dos sítios em meio neutro. Desta forma, nenhuma das isotermas previstas pela IUPAC representam essa adsorção.

No meio ácido para o corante Amarelo de Tartrazina, observa-se que a adsorção à temperatura ambiente apresentou-se semelhante à isoterma III da IUPAC, a qual representa em que o soluto apresenta baixa afinidade com o adsorvente. Entretanto, para o corante Azul, a isoterma obtida não tem representação, o que indica baixa afinidade do bioadsorvente com o corante.

Sabe-se que a temperatura é um fator de influência no processo adsorptivo, pois sua elevação pode causar a desobstrução de poros, melhorar a difusão e sua variação pode alterar o estado de equilíbrio de alguns adsorvatos, uma vez que é um processo exotérmico. Desta forma, construíram-se isotermas para o corante Amarelo de Tartrazina com os bioadsorvente ativados em HCl, NaOH e H<sub>2</sub>O para a temperatura de 10°C. Nos meios básico e neutro, a temperatura não influenciou, concluindo que mesmo com a menor temperatura, o bioadsorvente não conseguiu adsorver. Já para a casca de banana ativada em meio ácido, houve uma melhora na adsorção, pois a concentração na solução diminuiu, o que indica maior quantidade de material adsorvido. Mesmo com interação não favorável, a isoterma obtida para o corante Azul com casca de banana em meio ácido, a concentração da solução diminuiu. Assim, optou-se por aplicar os modelos matemáticos e seguir esse estudo apenas com o material ativado em meio ácido (HCl).

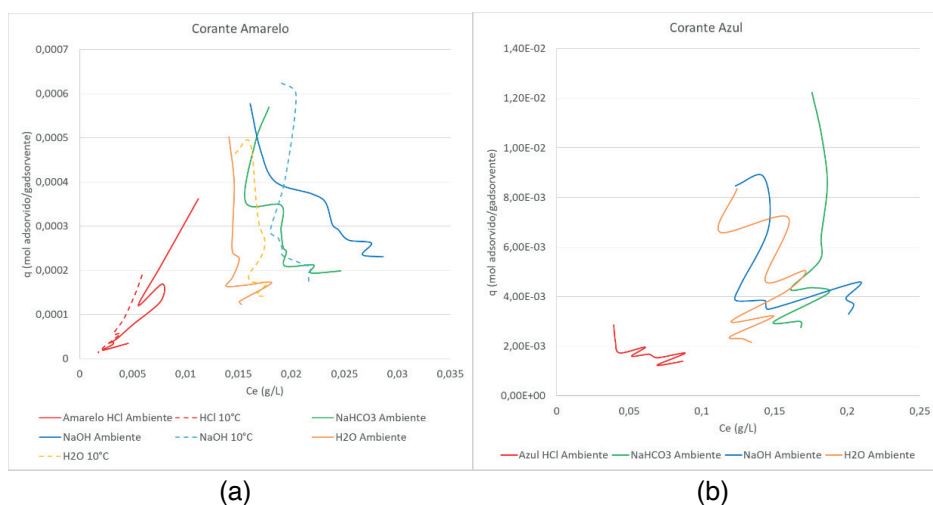


Figura 3 – (a) Comportamento adsorptivo do material com corante amarelo, (b) material com corante azul

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Após a construção das isotermas, foram ajustados os modelos de Langmuir e Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin-Radushkevich a fim de identificar as características da adsorção. A Figura 4a apresenta os gráficos dos modelos ajustados para a isoterma obtida com o bioadsorvente ativado em meio ácido e realizada a adsorção em temperatura ambiente (cerca de 25°C) com o corante Amarelo de Tartrazina. A curva na coloração laranja, representa a isoterma obtida com os dados experimentais.

Os modelos de Langmuir, Freundlich e Dubinin-Radushkevich (esses dois últimos sobrepostos) estiveram mais próximos da isoterma experimental. Os outros dois modelos, não se ajustaram bem à isoterma experimental. É possível notar que os modelos de Langmuir e Redlich-Peterson apresentaram comportamento linear e semelhantes, uma

vez que o modelo de Redlich-Peterson é uma melhoria de Langmuir. Entretanto suas interpretações são diferentes. O modelo de Redlich-Peterson é mais utilizado para prever equilíbrios na bioadsorção de metais, já o modelo de Langmuir, pode representar o modelo de adsorção de corantes em meio líquido. O modelo de Temkin, mostrou-se inadequado para a experimentos de bioadsorção, e segundo a literatura é um ajuste eficiente para processos de adsorção gasosa.

O modelo de Dubinin-Radushkevich, mesmo sendo muito semelhante ao de Freundlich, não pode representar esse modelo, pois é mais adequado a sistemas gasosos. O modelo de Freundlich prevê uma adsorção física, portanto, de baixa ligação entre o soluto e o adsorvente, mesmo sistema identificado pela classificação da IUPAC. Desta forma, pode-se concluir que esta adsorção pode ocorrer em multicamadas, tendendo a apresentar interação física entre adsorvente e adsorvato.

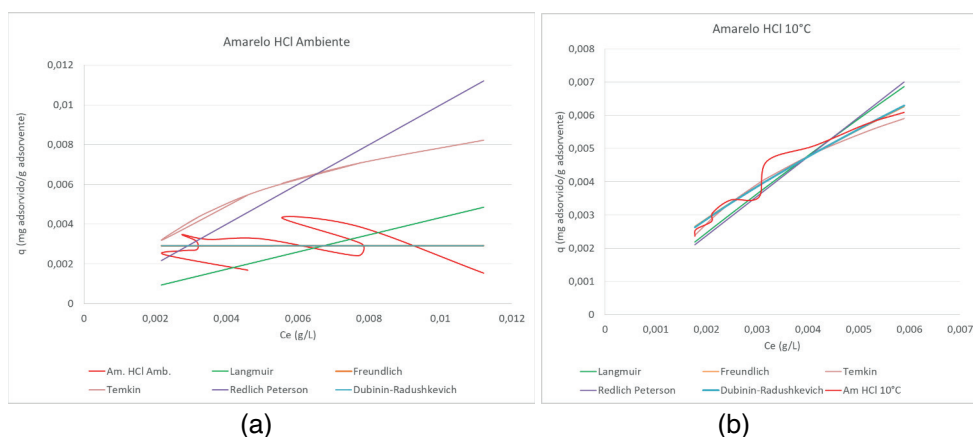


Figura 4 – Curvas de adsorção (a) para o corante amarelo em temperatura ambiente; (b) para o corante amarelo à 10°C

Fonte: Próprio Autor, 2020.

A Figura 4b apresenta os ajustes realizados para a isoterma obtida a 10°C com o bioadsorvente ativado em meio ácido e o corante amarelo de Tartrazina. Diferentemente das projeções apresentadas à temperatura ambiente, nota-se que a baixas temperaturas, a isoterma é favorecida por ser um processo exotérmico e é possível obter maior similaridade entre os modelos. Pode-se notar que as curvas de adsorção de Lagmuir e Rendlich-Peterson, também apresentam coerência. Assim como na análise em temperatura ambiente, o modelo de Freundlich teve com comportamento satisfatório, com característica de interação física, comportamento favorável à adsorção com ocorrência de multicamadas.

A Figura 5 apresenta os ajustes realizados para a isoterma obtida à temperatura ambiente, em torno de 25°C, com o bioadsorvente ativado em meio ácido e o corante Azul Índigo. Ao analisar aos resultados obtidos, nota-se que não foi possível ajustar nenhum modelo. Entretanto, dentre os valores de erro, o modelo de Freundlich pode representar

a adsorção analisada. Junto à curva de Langmuir, tem-se comportamento favorável à adsorção enquanto os modelos de Temkin e Redlich-Peterson apresentam linearidade. Diferente dos demais resultados, a curva de adsorção de Dubinin-Radushkevich foi nula.

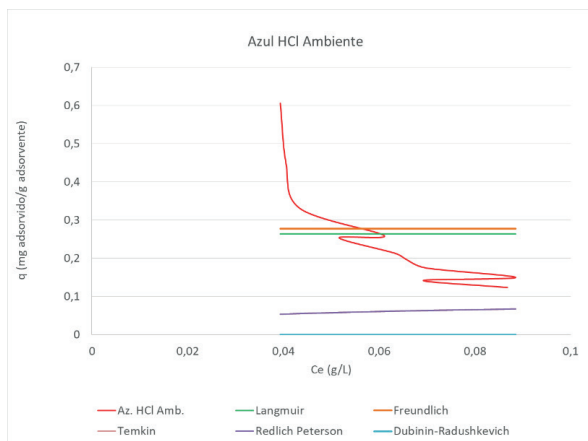


Figura 5 – Curva de adsorção corante azul à temperatura ambiente

Fonte: Próprio Autor, 2020.

A Tabela 4 apresenta os erros de cada modelo ajustado.

Modelos	Amarelo à temperatura ambiente	Amarelo à 10°C	Azul à temperatura ambiente
Langmuir	3,2E-05	1,9E-06	0,22
Freundlich	5,4E-06	6,9E-07	0,20
Temkin	1,1E-4	6,4E-07	1,1E-3
Redlich-Peterson	1,0E-10	2,6E-06	--
Dubini	5,4E-06	6,8E-07	--

Tabela 4 – Parâmetros dos corantes analisados de acordo com a temperatura

Sabe-se que os modelos de Langmuir e Freundlich são os mais simples e mais utilizados para o estudo de comportamento adsorptivo em meio aquoso, e que os demais comumente são utilizados para adsorção gasosa. Dentre esses, o modelo de Langmuir foi o que apresentou menor erro. Ressalva-se que o erro encontrado é a diferença com a isoterma experimental ao quadrado para eliminar valores negativos e mascarar tendências. Essa conclusão corrobora com o perfil da IUPAC de adsorção física.

Foram então determinados os parâmetros do modelo de Freundlich ajustados para as isotermas e organizados na Tabela 5.

Parâmetros	Amarelo à temperatura ambiente	Amarelo à 10°C	Azul à temperatura ambiente
n	11442	1,4	2,0E-8
Kf (mg/L)	0,003	0,240	0,278

Tabela 5 – Parâmetros dos corantes analisados de acordo com a temperatura

A constante  $K_f$  está relacionada com a capacidade adsorptiva. O valor de n determina se a adsorção é favorável ( $1 < n < 10$ ), desfavorável ( $0 < n < 1$ ) ou inviável ( $n < 0$ ), nesse último caso o solvente tem mais afinidade pelo adsorvente do que o soluto (NASCIMENTO et al. 2014). Conforme observado nas isotermas, a obtida para o Amarelo de Tartrazina à 10°C, foi a única favorável, confirmada pelo valor de n. A obtida para o Azul à temperatura ambiente, que mostrou menor valor na solução, não é favorável, como também observado na isoterma. Já para o Amarelo à temperatura ambiente, o valor de n mostrou que não é favorável, provavelmente devido ao ruído da isoterma. A capacidade adsorptiva deste, foi cerca de 100 vezes menor que a dos demais.

## 4 | CONCLUSÃO

O rendimento de obtenção da ativação da casca de banana é pequeno quando comparado às massas iniciais utilizadas em cada preparação. Em meio ácido apresentou maior rendimento. O bioadsorvente casca de banana foi favorável para a adsorção de corante amarelo quando ativado em meio ácido, pois foi a que apresentou menor granulometria e menor dano superficial, sendo esta interação fraca e física classificada como fisissorção. O meio básico mostrou-se mais agressivo quando preparado com NaOH a ambas as estruturas, uma vez que a base fraca  $\text{NaHCO}_3$  causou menor degradação quando comparada visualmente com o material ativado na base forte. Pode-se justificar esse resultado devido a reação da base com o componente orgânico, o que não ocorre com o ácido HCl que não ataca a estrutura orgânica do adsorvente, possibilitando a ativação de sítios e a interação adsorvente/adsorvato. A temperatura foi um fator importante, uma vez que este processo é exotérmico, e quando diminuída, melhorou a adsorção do soluto. Dos modelos matemáticos empregados, Freundlich foi o que melhor representou as isotermas obtidas indicando uma adsorção física.

Desta forma, conclui-se que a casca de banana pode ser aplicada como bioadsorvente para corante Amarelo de Tartrazina a temperaturas mais baixas, mas não é adequada para o corante azul. Também se identificou que a adsorção é física o que permite a recuperação do material, tanto o soluto como o bioadsorvente.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. S. **Remoção De Azul De Metileno Utilizando Um Compósito Magnético**. Dissertação (Mestrado em ciência dos materiais). Rio de Janeiro, 2016.



ALKARKHI, A. F. M.; SHIN, Y.; MAT, A. **Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits.** Food Chemistry, v. 129, n. 2, p. 312–318, 2011

BARADEL, M., MUNHOZ, T. **Uso do Bagaço de Cana de Açúcar como Bioadsorvente para a Remoção de Corantes Presentes em Efluentes Industriais.** Trabalho de Graduação – Curso Engenharia Química – Universidade São Francisco. 2017.

BONIOLO, M.R; YAMAURA, M. **Viabilidade do uso da casca de banana como adsorvente de íons de Urânio.** Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares, Santos, p. 1, 2005.

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidodinâmicos.** 2ª ed. São Paulo. Blucher, 2014. p. 127-324.

CRUZ, M.A.R.F. da. **Utilização da casca de banana como bioadsorvente.** Dissertação - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2009.

GAMA, D.C. **Estudo da Agência Nacional de Águas aborda uso da água no setor industrial.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/estudo-da-agencia-nacional-de-aguas-aborda-uso-da-agua-no-setor-industrial>, por ASCOM/ANA publicado: 12/10/2017– Acesso em 11/05/2020.

GONDIM; J.A.M.; MOURA, M.F.V., DANTAS, A.S.; MEDEIROS, R.L.S., SANTOS, K.M. **Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas.** Cien Tecnol Aliment 25: 825, 2005.

MOREIRA, S. de A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <[http://www.teses.ufc.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1383](http://www.teses.ufc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1383)>.

NASCIMENTO, R. F. et al. **Adsorção: Aspectos Teóricos e Aplicações Ambientais.** Fortaleza, CE. UFC. 2014; 30,35p.

NASCIMENTO, R.F.; LIMA, A.; CLECIUS, A.L.; VIDAL, C.B.; MELO, D.; MELO, R., CABRAL, G.S. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais** - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

SOUSA NETO, V. O. et al. **Use of Coconut Bagasse as alternative adsorbent for separation of copper (II) ions from aqueous solutions: Isotherms, kinetics and thermodynamic studies.** Bioresources, v.6, p. 3376-3395, 2011. Disponível em: [http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes\\_06/BioRes\\_06\\_3\\_3376\\_Neto\\_OTSFKN\\_Coconut\\_Bagasse\\_Ads\\_Cu2\\_Water\\_Kinet\\_Thermo\\_1822.pdf](http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_06/BioRes_06_3_3376_Neto_OTSFKN_Coconut_Bagasse_Ads_Cu2_Water_Kinet_Thermo_1822.pdf).

TADINI, C. et al. **Operações Unitárias Na Indústria de Alimentos.** Rio de Janeiro, RJ. LTC, 2016, v.1, 555p.

# 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

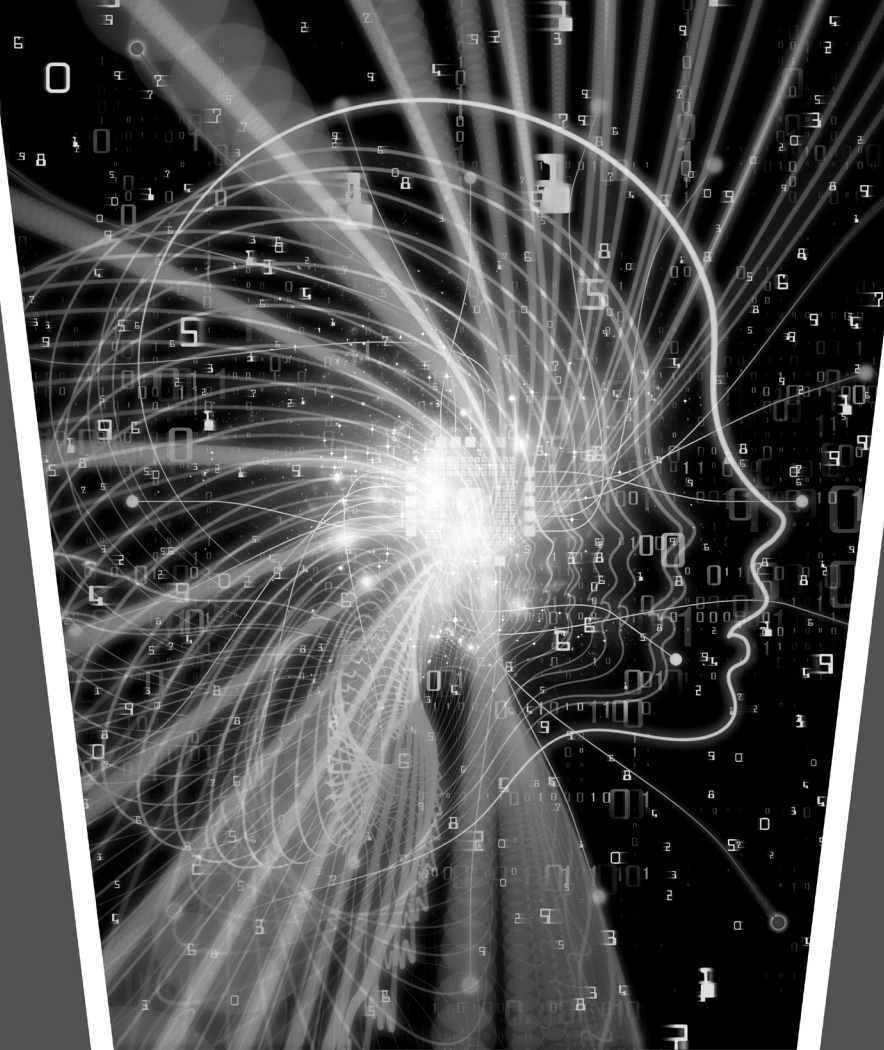
Transformação digital 163

## **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](http://www.atenaeditora.com.br)



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



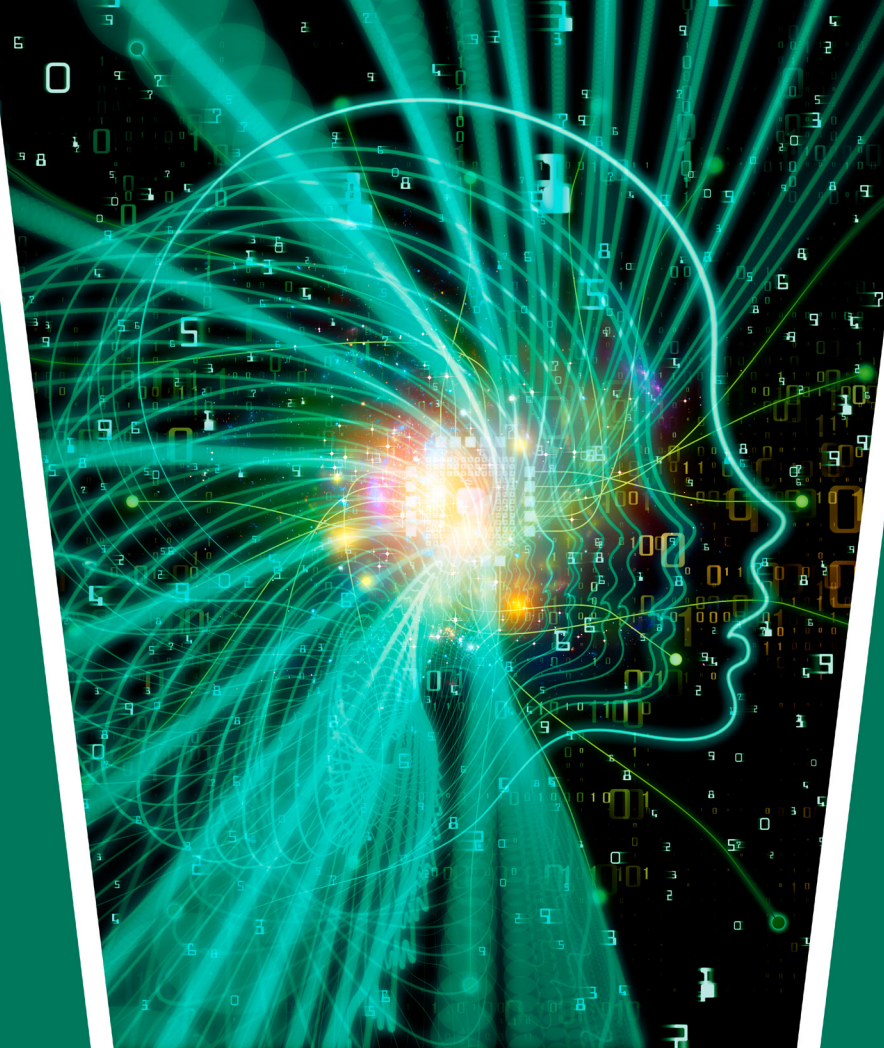
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021



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

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

  
Editora  
Ano 2021