

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Coleção desafios das engenharias: engenharia química

Diagramação: Maria Alice Pinheiro

Correção: Maiara Ferreira

Revisão: Os autores

Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-226-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel
da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

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



Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado (H_2O_2/UV) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: *i*) caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; *ii*) estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; *iii*) proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e *iv*) análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello

Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analú Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

CAPÍTULO 3..... 27

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

CAPÍTULO 4..... 39

ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (MN²⁺) EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

CAPÍTULO 5..... 51

ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17 β -ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz
Fernando Henrique da Silva
Aline Domingues Gomes
Patricia Lacchi da Silva
Camila Pereira Giroto
Mauricio Khenafes
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

CAPÍTULO 6..... 60

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA

Nayra Fernandes Santos
Ana Beatriz Neves Brito
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

CAPÍTULO 7..... 71

AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Stéfany Saraiva Viana
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Lhaira Souza Barreto
Miriam Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

CAPÍTULO 8..... 83

APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATÉ PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Luís Gustavo Costa Nimo Santos
Nayara Maria Santos de Almeida
Franco Dani Rico Amado
Fernando Cotting
Isabella Pacifico Aquino
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

CAPÍTULO 9..... 94

ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

Flaviana Pena Natividade
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

CAPÍTULO 10..... 112

TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Andressa Rossatto
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>

CAPÍTULO 11 118

PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

Amanda de Araújo Drago
Vitória Oliveira Diaz de Lima
Débora Hungaro Micheletti
Aline Bavaresco dos Santos
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>

CAPÍTULO 12..... 126

OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS

Daniela de Araújo Sampaio
Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão
Jeferson Marcos Silva Moraes
Ana Paula Machado Pereira
Antônio Carlos Duarte Ricciotti
Viviane Barrozo da Silva
Hebert Sancho Linhares Garcez Militão
Diogo Kesley Oliveira de Menezes
Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>

CAPÍTULO 13..... 140

INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA

Ricardo Pereira Branco
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>

CAPÍTULO 14..... 144

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO

Vitória Oliveira Diaz de Lima
Débora Hungaro Micheletti
Matheus de Paula Gonçalves
Fernanda Bach Gasparin

Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro
Aline Bavaresco dos Santos
Valdir Luiz Guerini
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

CAPÍTULO 15..... 152

ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA

Halissom Clever Sanches
Rodrigo Rodrigues Evangelista
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
André Luiz Borges Machado
Ana Lúcia Barretto Penna
Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

CAPÍTULO 16..... 169

DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL

Jacqueline Arguello da Silva
Bernardo Brito Vacaro
Vladimir Lavayen
Thágor Moreira Klein
Manoelly Oliveira Rocha
Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

CAPÍTULO 17..... 181

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)

Gustavo Batista
Rajnish Kumar
Franklin Zambrano
Hasan Jameel
Ronalds Gonzalez
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 187

ÍNDICE REMISSIVO..... 188

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Data de aceite: 01/07/2021

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros
Montes Claros- MG
<http://lattes.cnpq.br/8704561079386389>

Mário Luiz Pereira Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros
Montes Claros- MG
<http://lattes.cnpq.br/2681846911896508>

João Victor Silva Cardoso

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros
Montes Claros- MG
<http://lattes.cnpq.br/9471866526862112>

Hugo Lopes Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros
Montes Claros- MG
<http://lattes.cnpq.br/9732794984696544>

Vitor Miller Lima Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros
Montes Claros- MG
<http://lattes.cnpq.br/9701970564392680>

RESUMO: É notória a atenção da comunidade acadêmica quanto à questão energética global nos últimos anos. Nessa linha, fontes alternativas de energia aparecem como um fator de suma importância no que toca ao desenvolvimento sustentável. A biodigestão, ou digestão anaeróbia, é a degradação da matéria orgânica, em meio isento de oxigênio, e geração de biogás, um componente que apresenta em sua composição o gás metano. O metano, ao sofrer combustão, tem seu conteúdo calorífico convertido em energia elétrica. O presente trabalho fundamenta-se na análise da viabilidade técnica da digestão anaeróbia do lodo da Estação de Tratamento de Efluentes disposta em uma indústria farmacêutica na cidade de Montes Claros-MG. Inicialmente foi efetuada a caracterização do efluente para aferição da quantidade de sólidos voláteis presentes na amostra. Os sólidos voláteis representam a quantidade de matéria orgânica no dejetto, ou seja, o material passível de degradação biológica. Outro fator de extrema importância analisado foi a produção de biogás em frascos de penicilina. Foram obtidos resultados robustos, os quais corroboraram para a verificação da viabilidade do tratamento por biodigestão. Ademais, executou-se a modelagem matemática do processo relativo ao biodigestor e desenvolvimento da simulação e controle automático do descrito processo. Foram gerados gráficos denotativos do comportamento ao longo do tempo para a produção de biogás. Mediante os resultados expostos, constatou-se que a digestão anaeróbia do lodo da ETE citado foi viável tecnicamente, apresentando um valor substancial de biogás gerado ao longo de 10 dias

de análise.

PALAVRAS - CHAVE: efluente, tratamento, biodigestão anaeróbia, lodo de estação de tratamento de efluente.

STUDY OF TECHNICAL VIABILITY, MATHEMATICAL MODELING AND TREATMENT SIMULATION THROUGH ANAEROBIC DIGESTION OF SLUDGE FROM THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY EFFLUENT TREATMENT STATION

ABSTRACT: The attention of the academic community on the global energy issue in recent years is notorious. In this line, alternative sources of energy appear as a factor of paramount importance when it comes to sustainable development. Biodigestion, or anaerobic digestion, is the degradation of organic matter, in an oxygen-free medium, and the generation of biogas, a component that features methane gas in its composition. Methane, when it undergoes combustion, has its calorific content converted into electrical energy. The present work is based on the analysis of the technical feasibility of the anaerobic digestion of the sludge from the Effluent Treatment Station disposed in a pharmaceutical industry in the city of Montes Claros-MG. Initially, the effluent was characterized to measure the amount of volatile solids present in the sample. Volatile solids represent the amount of organic matter in the manure, that is, the material liable to biological degradation. Another extremely important factor analyzed was the production of biogas in bottles of penicillin. Robust results were obtained, which corroborated to verify the viability of the treatment by biodigestion. In addition, mathematical modeling of the process related to the biodigester and the development of simulation and automatic control of the described process were carried out. Graphs denoting behavior over time for the production of biogas were generated. Based on the exposed results, it was found that the anaerobic digestion of the aforementioned effluent treatment plant sludge was technically feasible, presenting a substantial amount of biogas generated over 10 days of analysis.

KEYWORDS: effluent, treatment, anaerobic digestion, sludge from effluent treatment plant.

1 | INTRODUÇÃO

O tratamento de resíduos industriais e sanitários é um fator de grande importância ambiental, que une esforços das esferas municipais, estaduais e federais. Nessa perspectiva, a atuação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) tem grande relevância na atenuação dos impactos dos resíduos gerados à saúde pública e ao meio ambiente. Em síntese, a maior parte dos resíduos urbanos e industriais provenientes da rede de saneamento básico são descartados em lagos ou rios, contaminando toda espécie de vida e recurso natural daquela localidade. A partir de operações de tratamento de água e esgotos, observa-se a produção do lodo, um resíduo sólido rico em matéria orgânica.

No cenário industrial atual, prezar pela eficiência e qualidade são fatores elementares. Outra questão de equitativa relevância é garantir o tratamento adequado dos resíduos, sejam eles sólidos, líquidos e/ou gasosos, gerados pelos diversos processos produtivos. Em relação ao cumprimento das legislações municipais, estaduais e federais para redução

dos impactos ambientais, a inserção de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é de fundamental importância, visto que, a partir dela, será realizado o tratamento de águas residuárias oriundas das operações industriais e sanitárias.

Dos constituintes removidos pelo tratamento de efluentes em ETE'S, o lodo é o que apresenta maior volume, e seu processamento, reuso e disposição final são temáticas bastante complexas. De acordo com Lima (2015), o lodo de esgoto é uma mistura heterogênea de microrganismos, materiais orgânicos não digeridos, tais como papel, resíduos vegetais, óleos ou material fecal e materiais inorgânicos. Os problemas associados ao lodo estão no fato do mesmo apresentar em sua composição substâncias responsáveis pelo potencial de danos ao efluente não tratado e a parcela de lodo produzida conter matéria orgânica que pode sofrer decomposição e causar danos ao meio ambiente e à saúde pública (METCALF, L.; EDDY.H., 2016).

O processo de digestão anaeróbia consiste na conversão da matéria orgânica biodegradável, por bactérias anaeróbias, do resíduo em biogás, o qual é constituído, principalmente, por gás metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2).

O biogás, como fonte de energia renovável, despertou um grande interesse nos últimos anos, sendo talvez uma das tecnologias de mais fácil implementação, sobretudo nos setores rurais. Seu potencial desenvolvimento, não apenas considerando a produção de biogás, mas também a obtenção de biofertilizante e tratamento de problemas sanitários em alguns casos torna muito atrativa sua aplicação e difusão nos setores com abundância de resíduos com alta concentração de matéria orgânica (CORREAS, 2013).

Sabendo-se da importância socioambiental do tratamento de resíduos e do desenvolvimento de tecnologias de geração de energia é que este projeto foi proposto, cujo principal intuito é de estudar a viabilidade técnica do tratamento do lodo da ETE de uma indústria farmacêutica na cidade de Montes Claros-MG, via biodigestão anaeróbia, bem como determinar o potencial de geração de biogás, e, conseqüentemente, de energia sustentável.

2 | METODOLOGIA

2.1 Análise do Teor de Sólidos

Inicialmente, efetuou-se a caracterização do lodo, a fim de determinar a quantidade de sólidos totais, voláteis e fixos. Tais valores foram determinados através da gravimetria, consoante à metodologia *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2012), descrito, também de forma sucinta no trabalho de Lima (2015), o qual foi de grande valia para o desenvolvimento desta análise.

Efetuou-se o preparo de cápsulas de porcelana e levadas ao forno mufla, por 30 minutos, a 550°C , para se retirar a umidade.

Retiraram-se as cápsulas da mufla, as quais foram pesadas e registrou-se o valor

obtido (m_0). Decorrido esta ação, foram adicionadas amostras do efluente trabalhadas, previamente pesadas, e levadas à estufa de circulação de ar por 12h. Após este tempo, obteve-se uma massa constante (m_1). A temperatura da estufa foi mantida a 100°C no referido período de análise.

Por fim, levaram-se as amostras para o forno mufla a 550°C durante 30 minutos. Após este tempo, as cápsulas foram pesadas (m_3).

Os cálculos dos parâmetros em interesse, foram feitos a partir das equações abaixo.

$$ST = (m_1 - m_0).10000 \quad (1)$$

$$SF = (m_2 - m_0).10000 \quad (2)$$

$$SV = (m_1 - m_2).10000 \quad (3)$$

em que: ST são os sólidos totais, SV os sólidos voláteis e SF os sólidos fixos, todos eles com unidade em mg/L.

2.2 Ensaio para aferição da produção de biogás

Os ensaios em batelada foram desenvolvidos com base no trabalho de Lima (2015), em que se efetuou o preparo de reatores utilizando frascos de penicilina. Esses reatores apresentaram volume de 100mL com seringas de 20mL acopladas em suas tampas, a fim de se aferir a produção de biogás. Cobriram-se tais frascos com papel alumínio de modo a não permitir a entrada de luz e posterior modificação na atividade microbiana.

A temperatura de desenvolvimento desta etapa foi equivalente a 25°C.

2.3 Modelagem matemática e Simulação

A modelagem matemática do processo foi embasada nos balanços de massa para as concentrações de célula, substrato e produção de biogás, além da aferição do perfil dinâmico do sistema, através de equações diferenciais.

A partir das equações geradas, foram implementadas as mesmas na plataforma *x-cos* (na qual são adicionados os equacionamentos na forma de diagrama de blocos), do software livre *Scilab*.

2.4 Controle Automático do Sistema

De posse das equações diferenciais e da simulação do processo, executou-se a identificação do sistema.

Após a identificação, realizou-se a sintonia pelo método de Astrom e Hagglund, no qual há a aplicação de oscilações limitadas e controladas para estimação da resposta em frequência da planta (STOCKLER, 2012). Destarte, foi possível a obtenção dos parâmetros do controlador PI (Proporcional-Integral) aplicado ao processo. É destacável que neste controlador, há a presença de dois termos: K_c , representativo do ganho do controlador e τ_i referente ao termo integral, o qual tem como objetivo reduzir o chamado *off-set*, diferença entre o estado estacionário (estado no qual as propriedades não variam com o tempo) e o

set-point (ou ponto alvo, valor fixado para a variável de processo).

Efetuarão-se perturbações de magnitude equivalente (20%) nas concentrações de substrato e células, a fim de se verificar a robustez do controle associado à produção de biogás.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise do Teor de Sólidos

Na Tabela 1 estão alocados os valores de massa das cápsulas preparadas para obtenção do parâmetro m_0 , bem como das massas de lodo após secagem em estufa e após calcinação em mufla.

	Cápsula	Lodo isento de umidade + Cápsula	Lodo Calcinado + Cápsula
Amostra I	71,316	96,134	86,240
Amostra II	87,148	112,077	101,808
Amostralll	74,770	100,729	90,121

Tabela 1- Massas de amostras de lodo (g) coletadas para análise.

Fonte: dados experimentais.

Utilizando as equações 1, 2 e 3 para os dados dispostos na Tabela 1, obtêm-se os valores de sólidos totais, voláteis e fixos, bem como a porcentagem de SV/ST, expressos na Tabela 2. Vale destacar que, em torno de 60% do resíduo sólido analisado é constituído por sólidos voláteis, ou seja, matéria orgânica passível de degradação anaeróbia. Dessa maneira, pode-se inferir que a microbiota inserida ao sistema tem as condições necessárias para o desenvolvimento e geração de biogás, fato este primordial para a eficiência de tratamento do lodo. Para fins de melhoria na visualização, os valores referentes aos sólidos voláteis, totais e fixos foram representados em unidade de g/L.

	Sólidos totais	Sólidos Fixos	Sólidos Voláteis	% SV/ST
Amostra I	248,2	98,94	149,2	60,13
Amostra II	249,3	102,7	146,6	58,80
Amostra III	259,6	106,1	153,5	59,14

Tabela 2. Sólidos totais, fixos e voláteis (g/L).

Fonte: dados experimentais.

3.2 Ensaios para aferição da produção de biogás

Ao longo de 10 dias foram monitorados os frascos de penicilina para aferição da produção de biogás. Os valores concernentes à etapa descrita estão na Tabela 3.

t(d)	Volume das Amostras (mL)		
	I	II	III
0	0	0	0
4	7	4	2
5	17,8	10,2	3,3
6	22,8	16	7
10	27,8	16	7

Tabela 3-Volume nos frascos de penicilina ao longo de 10 dias.

Fonte: dados experimentais.

A Figura 1 apresenta os perfis de produção de biogás, tendo produção média de 16,9 mL de biogás para uma massa média de 49,5 g de lodo, após 10 dias de análise. No gráfico abaixo, nota-se que, a partir do sexto dia, chegou-se a um ponto máximo da produção, o qual foi mantido relativamente constante ao longo do período de análise restante. A partir da média entre os volumes calculados, foi possível realizar a estimativa de biogás produzido mensalmente (utilizando como base 1,0 ton/mês de lodo gerado). O valor conseguido foi de 0,34 m³/mês de biogás. Consoante a Barrera (1993), 1 m³ de biogás gera, aproximadamente 1,428 kW de energia elétrica, podendo variar de acordo com a quantidade de metano presente no biogás em questão. Logo, pode-se inferir que há uma produção de energia considerável a partir do lodo da estação de efluentes analisado.

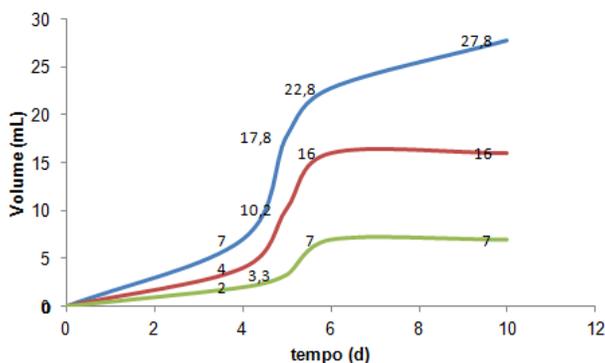


Figura 1-Produção de biogás no ensaio em batelada.

Fonte: dados experimentais.

3.3 Modelagem matemática e Simulação

Os equacionamentos foram embasados em balanços de massa e representação do comportamento dinâmico do sistema através de equações diferenciais. As equações representativas do comportamento supracitado estão descritas a seguir:

$$\text{Acúmulo} = \text{Entrada} - \text{Saída} + \text{Geração} - \text{Consumo} \quad (4)$$

$$\frac{dX}{dt} = \frac{F}{V} \cdot (X_0 - X) + \mu_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{S}{K_s + S} \right) \cdot X \quad (5)$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{F}{V} \cdot (S_0 - S) - \left[\mu_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{S}{K_s + S} \right) \cdot X \right] \cdot \frac{1}{Y} \quad (6)$$

$$\frac{dP}{dt} = \left[\frac{F}{V} \cdot (X_0 - X) + \mu_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{S}{K_s + S} \right) \cdot X \right] \cdot y_{P1} \quad (7)$$

em que:

X - concentração de células;

X₀ - concentração inicial de células;

S - concentração de substrato;

S₀ - concentração inicial de substrato;

P - produção de biogás;

μ_{máx} - taxa de crescimento específico máxima;

K_s - constante de saturação;

Y - coeficiente de produção celular;

y_{p1} - coeficiente de geração de biogás;

V - volume do biodigestor;

F - vazão volumétrica.

É destacável que o termo “geração e consumo” é embasado na equação de Monod (relação constitutiva). No caso da produção de células e biogás, o termo é positivo. Já para o consumo de substrato, a equação é precedida pelo sinal negativo.

As variáveis de projeto (F, V e S₀) foram estabelecidas com base nas condições de operação e geração de lodo da descrita estação de tratamento de efluentes.

Os demais valores foram retirados dos trabalhos de Markowski et al. (2014) e Poll (2012). Este último realiza a estimação de parâmetros com base no modelo cinético de Monod, foco do presente trabalho para a aferição do consumo de substrato e produção celular. A Tabela 4 apresenta os valores referentes às propriedades para o desenvolvimento da simulação do processo de biodigestão.

V (m ³)	F (m ³ /h)	X ₀ (g/L)	S ₀ (g/L)
18,0	0,024	0,018	10,0
Ks (g/L)	$\mu_{m\acute{a}x}$ (h ⁻¹)	Y	yp1
4,0	0,005	0,19	0,80

Tabela 4-Valores das propriedades para a execução da simulação.

Fonte: acervo dos autores.

Os diagramas de blocos representativos da simulação desenvolvida na plataforma *x-cos* estão alocados no Apêndice ao final do trabalho.

As produoes de biogás (P) e células (X), juntamente com o consumo de substrato (S) são elucidadas pela figura seguinte.

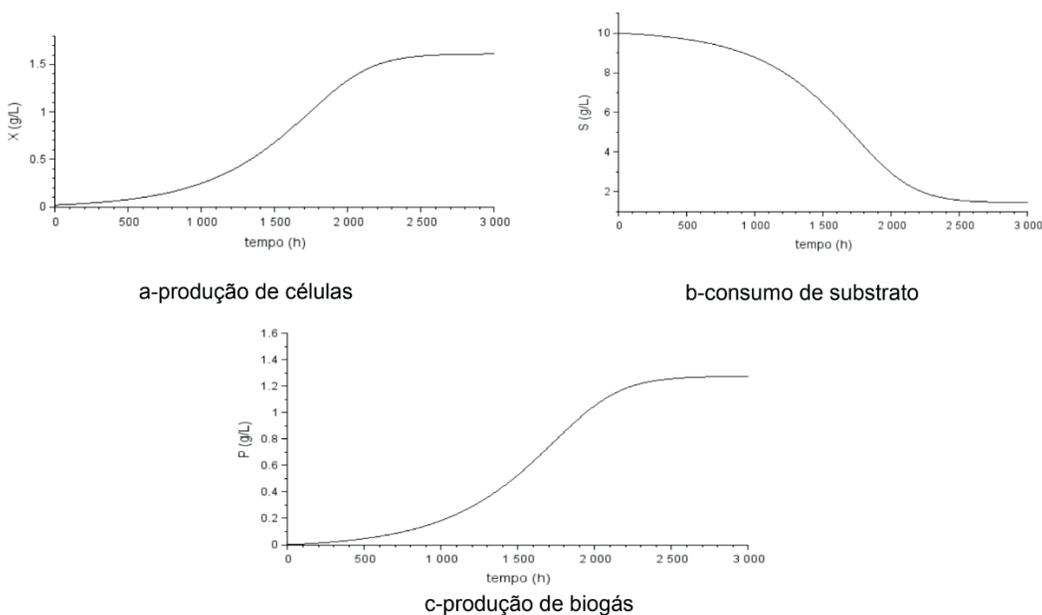


Figura 2-Comportamento dinâmico do sistema após a implementação da simulação.

Fonte: acervo dos autores.

3.4 Controle Automático do Sistema

Os valores encontrados para os parâmetros do controlador estão alocados a seguir. Efetuou-se um ajuste fino  sintonia, ou seja, uma alteração nos parâmetros do processo, a fim de se obter um controle mais robusto.

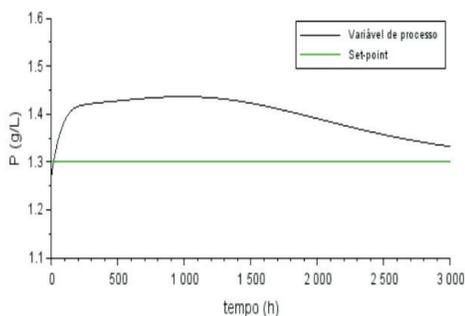
Sintonia padrão	
Kc	τ_i
0,0585	458
Sintonia fina	
Kc	τ_i
0,0585	45,8

Tabela 5-Valores dos parâmetros do Controlador PI.

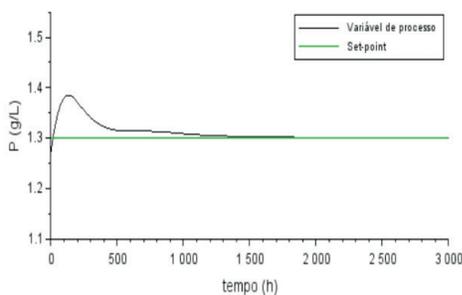
Fonte: acervo dos autores.

Vale destacar que a representação esquemática do biodigestor e o controle proposto se encontram em Apêndice.

Nas figuras abaixo são mostrados os comportamentos transientes para a produção de biogás (variável controlada ou variável de processo), mediante as perturbações efetuadas. Os gráficos denotam o comportamento com a sintonia padrão e sintonia fina.



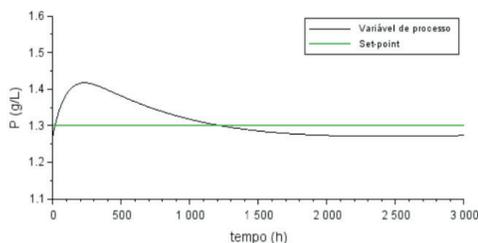
a-sintonia padrão



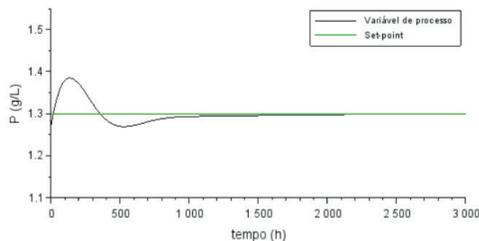
b-sintonia fina

Figura 3-Resposta do sistema à perturbação de +20% na concentração inicial de substrato.

Fonte: acervo dos autores.



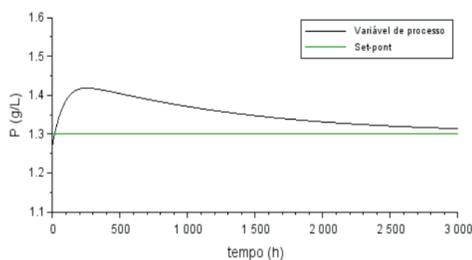
a-sintonia padrão



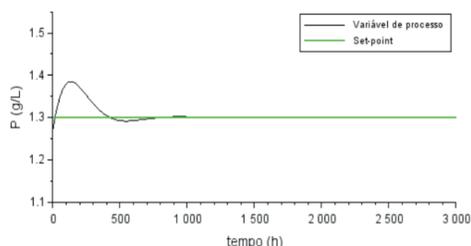
b-sintonia fina

Figura 4-Resposta do sistema à perturbação de -20% na concentração inicial de substrato.

Fonte: acervo dos autores.



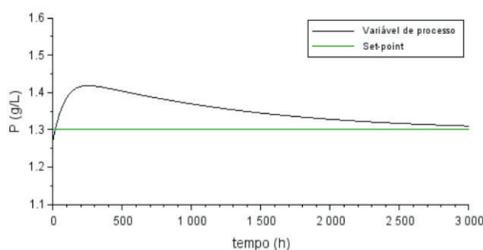
a-sintonia padrão



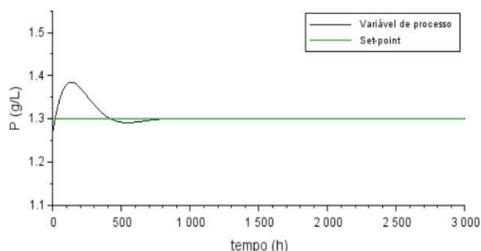
b-sintonia fina

Figura 5-Resposta do sistema à perturbação de +20% na concentração inicial de células.

Fonte: acervo dos autores.



a-sintonia padrão



b-sintonia fina

Figura 6-Resposta do sistema à perturbação de -20% na concentração inicial de células.

Fonte: acervo dos autores.

A partir dos gráficos observados, verifica-se que os controles para as diversas perturbações efetuadas apresentaram um excelente desempenho, de modo em que houve uma maior robustez aos controles inerentes à sintonia fina, fato este já esperado.

A constatação descrita é de grande relevância, visto que, mesmo após diversas flutuações nas concentrações de célula e substrato, o sistema conseguiu se manter com uma produção específica de biogás. Doravante, tem-se o aporte através das simulações e, estudos em maior escala, podem ser desenvolvidos para se construir um equipamento totalmente automatizado e bastante robusto.

4 | CONCLUSÃO

Com base no abordado, a partir das análises referentes à quantidade expressiva de sólidos voláteis no efluente e a produção de biogás observada nos frascos de penicilina, pode-se inferir o processo de biodigestão é viável tecnicamente. Essa assertiva é de extrema importância, visto que um poluente ambiental é estabilizado e se pode gerar, como produto principal, o biogás, e, através do poder calorífico deste, há geração de energia.

Desenvolveu-se a simulação do processo de biodigestão, o qual é de grande valia para aferição do comportamento transiente do sistema. Com essa ferramenta computacional, há a verificação prévia das mudanças nas variáveis e a otimização do processo em questão.

Por fim, os controles aplicados foram bem precisos na manutenção no valor alvo da variável de processo. Destarte, uma sugestão para trabalhos futuros é a construção de um protótipo de biodigestor, com o objetivo de se desenvolver uma ferramenta para ensino e pesquisa.

REFERÊNCIAS

BARRERA P, Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 2. ed. São Paulo: Icone, 1993.

CORREAS, N. O Biogás. Programa de Capacitação em Energias Renováveis (2013).

LIMA, M. F. Produção de biogás a partir de lodo de esgoto em condições mesofílicas e termofílicas. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

MARKOWSKI, M., BIALOBRZEWSKI, I., ZIELINSKY, M., DEBOWSKI, M., KRZEMIENIEWSKI, M. Optimizing low-temperature biogas production from biomass by anaerobic digestion. Renewable Energy. (2014).

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.

POLL, E. R. Estimação de parâmetros dos Modelos Cinéticos de Monod e Contois na produção de biogás de resíduos de curtume. Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2018

STANDART METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 22. ed. Método 4500 B, 2012.

STOCKLER, E. Sintonia de Controladores PID. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Elétrica. 2012. Disponível em: <http://www2.ene.unb.br/estognetti/files/projeto_pid_tca_2012_2.pdf>. Acesso em 03 de Maio de 2021.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Aço Carbono 11, 71
Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157
Adsorvato 43, 44, 46
Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58
Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151
Agronegócio 119, 124, 153
Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26
Analito 39, 45, 46, 47
Ânodo 84, 141
Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

B

- Bactérias 12, 15, 29, 141, 142
Biocatalisadores 96
Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147
Bioconversão 94, 96
Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86
Biofilme 141, 142
Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138
Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151
Biotecnologia 94, 95, 100, 110
Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

- Carbonização 120, 125, 145, 146, 151
Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58
Cátodo 141
Células Combustíveis 9, 141
Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183
Combustíveis Fósseis 126, 141
Contaminação Ambiental 60
Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

D

Desreguladores endócrinos 52, 59

E

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

F

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

G

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

H

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

I

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

L

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

M

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

N

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

O

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

P

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

R

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

S

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

T

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br