

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável

3

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável

3

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

Q6 A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 3
[recurso eletrônico] / Organizadora Érica de Melo
Azevedo. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-384-2

DOI 10.22533/at.ed.842201709

1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. 3.
Sustentabilidade. I. Azevedo, Érica de Melo.

CDD 540

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Coleção “A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável” apresenta artigos de pesquisa na área de química e que envolvem conceitos de sustentabilidade, tecnologia, ensino e ciências naturais. A obra contém 69 artigos, que estão distribuídos em 3 volumes. No volume 1 são apresentados 29 capítulos sobre aplicações e desenvolvimentos de materiais adsorventes sustentáveis e polímeros biodegradáveis; o volume 2 reúne 20 capítulos sobre o desenvolvimento de materiais alternativos para tratamento de água e efluentes e propostas didáticas para ensino das temáticas em questão. No volume 3 estão compilados 20 capítulos que incluem artigos sobre óleos essenciais, produtos naturais e diferentes tipos de combustíveis.

Os objetivos principais da presente coleção são apresentar aos leitores diferentes aspectos das aplicações e pesquisas de química e de suas áreas correlatas no desenvolvimento de tecnologias e materiais que promovam a sustentabilidade e o ensino de química de forma transversal e lúdica.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de adsorventes, polímeros, análise e tratamento de água e efluentes, propostas didáticas para ensino de química, óleos essenciais, produtos naturais e combustíveis.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a coleção “A Química nas áreas natural, tecnológica e Sustentável”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AMIDO HIDROFOBICAMENTE MODIFICADO PARA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho

Bruna Luiza Batista de Lima

Nívia do Nascimento Marques

Marcos Antonio Villetti

Men de Sá Moreira de Souza Filho

Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.8422017091

CAPÍTULO 2..... 12

ANÁLISE DE COMBUSTÍVEIS (GASOLINA COMUM) POR MÉTODOS ELETROANALÍTICOS EM MEIO MICROEMULSIONADO COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA

Lorena Carvalho Martiniano de Azevedo

Leila Maria Santos da Silva

Deracilde Santana da Silva Viégas

Érico June Neves Texeira

Natália Tamires Gaspar Sousa

Aldaléa Lopes Brandes Marques

DOI 10.22533/at.ed.8422017092

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DOS PRODUTOS DE REAÇÃO DA CONDENSAÇÃO ENTRE 2-HIDRÓXI-ACETOFENONA E P-ANISALDEÍDO EM MEIO BÁSICO

Heriberto Rodrigues Bitencourt

Carlos Alberto Beckman de Albuquerque

Antonio Pedro da Silva Souza Filho

Maricelia Lopes dos Anjos

Carla Jacqueline de Almeida Maciel

Jeferson Rodrigo Souza Pina

José Ciriaco Pinheiro

Lady Laura Pantoja Pereira de Carvalho

Andrey Moacir do Rosário Marinho

Ossalín de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.8422017093

CAPÍTULO 4..... 35

ANÁLISE TÉRMICA DO POLI (ÁCIDO LÁTICO) COM AGENTES NUCLEANTES: TALCO, PET MICRONIZADO E ARGILA MONTMORILONITA

Alex Melo da Silva

Anderson Maia

Rondes Ferreira da Silva Torin

DOI 10.22533/at.ed.8422017094

CAPÍTULO 5..... 41

APLICAÇÃO DA CFD NO ESTUDO DO EFEITO DO DIÂMETRO DE GOTAS E DO NÍVEL DE ÁGUA NA SEPARAÇÃO GRAVITACIONAL ÁGUA-ÓLEO

Vinícius Gomes Morgan
Daniel da Cunha Ribeiro
Ana Paula Meneguelo
Lucas Henrique Pagoto Deoclecio
Wenna Raissa dos Santos Cruz
Luciana Spinelli Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.8422017095

CAPÍTULO 6..... 48

AROMATERAPIA COM ÓLEO YLANG-YLANG (*Cananga odorata*) E PERCEPÇÃO DE BEM-ESTAR EM MULHERES CLIMATÉRICAS

Edna Maria Lemos e Silva Gualberto
Maria da Conceição Ferreira Baia
Claudia Chagas de Pontes
Roseane Rodrigues Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.8422017096

CAPÍTULO 7..... 58

DESCOLORAÇÃO FÚNGICA DE CORANTES TÊXTEIS

Mayara Thabela Pessoa Paiva
Fabiana Guillen Moreira Gasparin
Suely Mayumi Obara Doi

DOI 10.22533/at.ed.8422017097

CAPÍTULO 8..... 76

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE PREPARO DO BAGAÇO DE MALTE DE CERVEJARIA NA OBTENÇÃO DE GLICOSE APÓS SUA HIDRÓLISE ÁCIDA

Fernanda Ferreira Freitas
Margarete Martins Pereira Ferreira
Araceli Aparecida Seolatto
Danielle Pires Nogueira
Rodrigo Silva Fontoura

DOI 10.22533/at.ed.8422017098

CAPÍTULO 9..... 89

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA EM UM REATOR CONTÍNUO DE TANQUE AGITADO

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves
Mayara Mendes Costa
Mariana Oliveira Marques
Hugo Lopes Ferreira
Robson Antônio de Vasconcelos
Vitor Hugo Endlich Fernandes
Mário Luiz Pereira Souza

DOI 10.22533/at.ed.8422017099

CAPÍTULO 10..... 96

ESTUDO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE MARACUJÁ (*PASSIFLORA EDULIS*) UTILIZANDO O MÉTODO PETROOXY (ASTMD 7545)

Yguatyara de Luna Machado

Natalia Freitas Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.84220170910

CAPÍTULO 11 104

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA GOMA DE LINHAÇA EM MEIO AQUOSO POR ESPALHAMENTO DE LUZ DINÂMICO E REOLOGIA

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho

Nívia do Nascimento Marques

Mariana Alves Leite Dutra

Marcos Antonio Villetti

Rosangela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.84220170911

CAPÍTULO 12.....113

ESTUDO FITOQUÍMICO, MORFOLÓGICO E AVALIAÇÃO DO EXTRATO ETANÓLICO, DAS FOLHAS DO PAU MOCÓ (*Luetzelburgia auriculata*), QUANTO ÀS ATIVIDADES CONTRA AGENTES VETORIAIS E ANTIOXIDANTE

Antônio Marcelo Alves Lima

Eveline Solon Barreira Cavalcanti

André Castro Carneiro

Lara Pinheiro Xavier

Henety Nascimento Pinheiro

Brício Thiago Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.84220170912

CAPÍTULO 13..... 123

EXPRESSÃO DIFERENCIAL DA SUPERÓXIDO DISMUTASE E CATALASE DURANTE A GERMINAÇÃO DE *Lactuca sativa* L. EXPOSTA A METAIS PESADOS

Antonio Rodrigues da Cunha Neto

Marília Carvalho

Kamilla Pacheco Govêa

Giselle Márcia de Melo

Marília Mendes dos Santos Guaraldo

Heloisa Oliveira dos Santos

Sandro Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.84220170913

CAPÍTULO 14..... 134

INCORPORAÇÃO DA ETAPA DE PRÉ-HIDRÓLISE ÁCIDA NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOLÍTER

Danielle Goveia

Vinicius de Jesus Carvalho de Souza

Estefânia Vangelie Ramos Campos

Jose Claudio Caraschi

DOI 10.22533/at.ed.84220170914

CAPÍTULO 15..... 145

MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEO DE PEQUI (*Caryocar coriaceum*) EM MATRIZ DE ALGINATO/QUITOSANA POR GELIFICAÇÃO IÔNICA: AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE NA MORFOLOGIA DAS PARTÍCULAS

Herllan Vieira de Almeida

Rachel Menezes Castelo

Luana Carvalho da Silva

Maria Leônia da Costa Gonzaga

Pablyana Leila Rodrigues da Cunha

Roselayne Ferro Furtado

DOI 10.22533/at.ed.84220170915

CAPÍTULO 16..... 155

MODELAGEM CINÉTICA DA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE CROMOTROPE 2R POR PROCESSOS FENTON MEDIADOS POR FENÓIS DERIVADOS DE LIGNINA

Cássia Sidney Santana

Camila Cristina Vieira Velloso

André Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.84220170916

CAPÍTULO 17..... 162

ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM LIMÃO: ESTRATÉGIA PARA A PROTEÇÃO DE SEMENTES E GRÃOS VISANDO A AGRICULTURA ORGÂNICA

Marcela de Souza Alves

Elisabeth Alves Duarte Pereira

Erica Prilips Esposito

Ana Flávia Carvalho da Silva

Emerson Guedes Pontes

Marco Andre Alves de Souza

DOI 10.22533/at.ed.84220170917

CAPÍTULO 18..... 174

OPTIMIZATION SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM MACAUBA OIL (*ACROCOMIA ACULEATA*) USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE

Michelle Budke Costa

Maikon Aparecido Schulz dos Santos

Eduardo Eyng

Juliana Cortez

Daniel Walker Tondo

Laercio Mantovani Frare

Melissa Budke Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.84220170918

CAPÍTULO 19.....	191
PRÉ-TRATAMENTO ÁCIDO EM RAMAS DE MANDIOCA VISANDO PRODUÇÃO DE ETANOL SEGUNDA GERAÇÃO	
Ana Luiza Alves Faria	
Raphael Sarraf Martins Torraca	
Emilia Savioli Lopes	
Jaqueline Costa Martins	
Milena Savioli Lopes	
Melina Savioli Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.84220170919	
CAPÍTULO 20.....	197
TEORIA DO ESTADO DE TRANSIÇÃO: DIHYDROAZULENE/VINYLSHEPTAFULVENE	
Andreas Erbs Hillers-Bendtsen	
Magnus Bukhave Johansen	
Kurt V. Mikkelsen	
DOI 10.22533/at.ed.84220170920	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	203
ÍNDICE REMISSIVO.....	204

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE PREPARO DO BAGAÇO DE MALTE DE CERVEJARIA NA OBTENÇÃO DE GLICOSE APÓS SUA HIDRÓLISE ÁCIDA

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 30/07/2020

Fernanda Ferreira Freitas

Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/0883086742146577>

Margarete Martins Pereira Ferreira

Universidade Federal de Goiás,
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/4314881350457557>

Araceli Aparecida Seolatto

Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1495882445078650>

Danielle Pires Nogueira

Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3300018822284940>

Rodrigo Silva Fontoura

Universidade Federal de Goiás
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1516430867227983>

RESUMO: O processo de produção de cerveja gera uma grande quantidade de bagaço de malte de cevada durante seu processo produtivo. Este bagaço tem recebido atenção devido ao seu elevado teor em hemicelulose e celulose, e foi considerado um resíduo promissor para a geração de etanol 2G. O uso deste resíduo sólido é uma questão a ser estudada. A hidrólise ácida

é uma técnica que pode ser usada em materiais lignocelulósicos para a obtenção de açúcares. Sendo assim, nesse trabalho, foram realizados testes de hidrólise ácida do bagaço de malte de cervejaria partindo de condições estabelecidas a partir de um planejamento estatístico do tipo composto central rotacional a três níveis, com três réplicas no ponto central, 8 ensaios para a investigação fatorial e seis experimentos nos pontos axiais (α), totalizando 17 experimentos. Foi utilizado como variáveis independentes o ácido sulfúrico diluído nas concentrações de 150, 200 e 250 mg de ácido por grama de sólido seco; a relação entre a matéria seca e solução de 1:8, 1:10 e 1:12 (g/g) e o tempo de reação de 12, 17 e 22 minutos em autoclave a 121 °C. Foram utilizados bagaços em condição in natura e seco a 60 °C, a fim de encontrar uma possível influência da secagem na obtenção de glicose, considerada como variável dependente, a partir do bagaço hidrolisado. Os experimentos mostraram que as melhores condições para a quantificação de glicose pela hidrólise ácida do bagaço foram obtidas para as soluções ácidas de concentração moderada (200 mg/g sólido seco), baixa razão de solução/bagaço e tempos de hidrólise dos níveis intermediários a altos, a partir do bagaço seco a 60°C, em que a maior concentração de glicose foi de 4,318 g/ L. A quantificação da glicose é um bom indicador do possível uso desta biomassa na produção de etano 2G.

PALAVRAS - CHAVE: Bagaço de malte, hidrólise ácida, delineamento composto central, secagem de bagaço.

A STUDY ON THE CONDITIONS FOR PREPARING BEER MALT BAGASSE TO OBTAIN GLUCOSE AFTER ACID HYDROLYSIS

ABSTRACT: The beer production process generates large amounts of barley malt bagasse during its production process. This bagasse has had attention due to its high content of hemicellulose and cellulose, and was considered a promising residue to generate 2G ethanol. The use of these solid wastes must be studied. Acid hydrolysis is a technique that can be used to obtain sugars from lignocellulosic materials. Therefore, in this work, acid hydrolysis tests were carried out on the brewer's malt bagasse. The studied conditions were established using a three-level rotational central composite design type statistical plan. The assays consisted of three replicas at the central point, eight tests for the factorial investigation and six experiments on the axial points (α), totaling 17 experiments. The independent variables studied were diluted sulfuric acid concentration (150, 200 and 250 mg of acid per gram of dry solid), dry matter solution ration (1: 8, 1:10 and 1:12 (g/g)), and reaction time (12, 17 and 22 minutes). The assays were done in an autoclave at 121°C. Bagasse was used fresh and dried at 60°C, in order to find a possible influence of drying on obtaining glucose, considered as our dependent variable, from the hydrolyzed bagasse. The experiments showed that the best conditions for glucose generation by the bagasse acid hydrolysis were acquired with the intermediate concentration acid solutions (200 mg/g dry solid), low solution/bagasse ratio and hydrolysis times from intermediate to high levels. The highest concentration of glucose, 4.318 g/L, was from bagasse dried at 60°C. The quantification of glucose is a good indicator of the possibility of using this biomass in the production of 2G ethanol.

KEYWORDS: Malt bagasse, acid hydrolysis, central composite design, bagasse drying.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria cervejeira gera uma grande quantidade de biomassa, o resíduo de grão de cervejaria (malte), representa cerca de 85% dos subprodutos gerados. Estima-se uma produção mundial desta biomassa de aproximadamente $3,08 \times 10^7$ toneladas por ano (MUSSATO, 2014). Atualmente, este resíduo é destinado principalmente para a nutrição animal de gado leiteiro. Porém, o crescimento do setor cervejeiro tem aumentando a geração deste subproduto e em alguns países, a criação de gado não é comum, tornando este tipo de resíduo problemático (WIERZBA *et al.*, 2019). Para o Brasil manter-se entre os líderes cervejeiros de fabricação, implica em um aumento contínuo na produção da cerveja a nível nacional, seja na ampliação das capacidades produtivas de cada unidade fabril, ou na abertura de novas plantas. Esse aumento traz consigo o acréscimo na geração dos resíduos industriais, que se não forem tratados de forma adequada, representam um risco para o meio ambiente e conseqüentemente, para a população. Sendo assim, o setor cervejeiro no Brasil deveria dar um valor tecnológico a essa biomassa, por ser uma

alternativa interessante, uma vez que há uma produção expressiva desse resíduo, chegando a 20 kg para cada 100 L de cerveja fabricada (SOFIYANTI *et al.*, 2015).

Esse problema pode ser minimizado com a implementação de biorrefinarias lignocelulósicas, que fará a conversão dessa biomassa em biomateriais, como por exemplo, o bioetanol (ZHANG, 2008, BES *et al.*, 2019). A produção em larga escala do bioetanol a partir de resíduos agrícolas elimina a concorrência existente entre alimento e combustível, sendo esses resíduos lignocelulósicos uma alternativa de baixo custo e a disposição para esse uso durante todo ano (SARKAR *et al.*, 2012).

Uma alternativa na produção de etanol por vias não convencionais é o uso do bagaço de malte de cervejaria (BMC). Essa biomassa composta de fibras e proteínas é fonte rica de açúcares para a produção de etanol de segunda geração (2G) (RAVINDRAN *et al.* 2018). O problema de muitos resíduos devem-se à grande umidade em que estes são disponibilizados pelas indústrias, o que leva a uma rápida degradação e a uma vida útil, em condições ambientes, de aproximadamente 7 (sete) dias. Para aumentar o tempo de vida deste bagaço, conservando suas propriedades, uma opção é realizar a desidratação desta matéria-prima (GÁRCIA-PÉREZ *et al.*, 2010). A secagem por convecção com ar aquecido é comumente usada para alimentos perecíveis, assim como para o bagaços (KATSUBE *et al.*, 2009; TORRES *et al.*, 2010).

Para converter o bagaço em etanol, secando ou não, o processo se inicia com a etapa de pré tratamento, seguindo para a hidrólise, fermentação e finaliza com o processo de separação dos produtos gerados, que é feito normalmente por meio da operação de destilação (SILVA *et al.*, 2015). A hidrólise é um dos processos de maior impacto ao material, e pode ocorrer por meios ácidos ou enzimáticos. O primeiro pode acontecer com ácidos concentrados ou diluídos, e a depender das condições, a hidrólise ácida dispensa a etapa de pré tratamento (DUSSÁN *et al.*, 2014; CANIZO *et al.*, 2014).

A hidrólise ácida é uma técnica que pode ser usada em materiais lignocelulósicos para a obtenção de açúcares. O que ainda não se sabe é se a secagem desse bagaço pode influenciar na qualidade do hidrolisado para a quantificação de açúcares fermentescíveis para posterior fermentação e obtenção de etanol 2G.

Com base no exposto acima, o objetivo desse trabalho é estudar a influência do preparo da biomassa em diferentes condições (in natura e seco a 60°) que serão usados na hidrólise com ácido sulfúrico diluído a fim de verificar em qual das condições o bagaço de malte de cervejaria apresenta melhores resultados, ou seja, maiores concentrações de glicose para posterior fermentação e obtenção de etanol 2G.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparo do Bagaço de Malte de Cevada

O bagaço de malte de cevada (BMC) foi fornecido pela Indústria e Comércio de Bebidas Imperial SA, localizada na cidade de Trindade, Goiás. O bagaço foi obtido durante a etapa de preparo do mosto cervejeiro, composto basicamente de malte claro de cevada, água e cereais não maltados. Este material é disponibilizado pela empresa com alto teor de umidade (aproximadamente 80% em base seca). Para evitar a degradação deste, parte do material in natura foi homogeneizado e separado em porções de aproximadamente 500 gramas e armazenado em freezer a temperatura de -18°C . A outra parte foi seca na temperatura de 60°C em estufa com circulação forçada de ar modelo 400-5ND da marca Nova Ética, até umidade de aproximadamente 5% em base seca. As amostras secas foram armazenadas em sacos plásticos e utilizadas nos experimentos sem sofrerem modificação na sua granulometria.

Em cada hidrólise, foram utilizados os bagaços nas condições in natura (descongelado) e seco a 60°C , totalizando duas condições do material. A cada experimento, foram realizadas a determinação da umidade através do equipamento i-Thermo da marca BEL, para que o volume de água das soluções ácidas fossem corrigidos.

2.2 Preparo da Hidrólise

As duas condições do BMC já citadas no item anterior foram submetidos a um processo de hidrólise com ácido sulfúrico, partindo de condições estabelecidas a partir de um planejamento estatístico do tipo composto central rotacional a três níveis, com três réplicas no ponto central, acrescidos de 8 ensaios para a investigação fatorial e mais seis experimentos nos pontos axiais (α), totalizando assim 17 experimentos. O bagaço de malte de cevada foi submetido inicialmente a um processo de hidrólise com ácido sulfúrico diluído, baseado em condições já determinadas e otimizadas por Mussatto e Roberto (2005). Após o preparo das soluções e do bagaço, a mistura era adicionada em Erlenmeyers com capacidade de 125 mL. Em seguida, o conjunto era levado à autoclave, onde a hidrólise ocorria baseado em tempos estabelecidos pelo planejamento experimental

As concentrações das soluções de ácido sulfúrico utilizadas foram de 150 mg, 200mg e 250mg de H_2SO_4 (95% p/p) por grama de matéria seca (MS) variando-se a relação entre massa de matéria seca por massa de solução ácida de 1:8, 1:10 e 1:12 (g/g). A hidrólise foi conduzida à temperatura de 121°C por tempo de 12, 17 e 22 minutos em autoclave modelo AB12 da marca Phoenix. As variáveis independentes e os valores dos seus níveis reais e codificados estão descritos na

Tabela 1. Os ensaios foram conduzidos utilizando 4g de bagaço seco, pesando a quantidade correspondente ao experimento do ácido (H_2SO_4 , 98% p/p por grama de matéria seca), obedecendo a razão de massa de matéria seca e massa de solução ácida (g/g).

Variáveis independentes	Unidades	Níveis				
		-1	0	+1	α	- α
H_2SO_4	mg/g	150	200	250	284	116
Tempo	min	12	17	22	25,4	8,6
MS:solução	g/g	1:8	1:10	1:12	1:13,7	1:6,6

Tabela 1 - Variáveis independentes e seus níveis utilizados no planejamento experimental

Ao final de cada experimento de hidrólise, o hidrolisado hemicelulósico do bagaço foi separado do resíduo sólido contendo celulose e lignina, por meio de filtração a vácuo. Para a quantificação da glicose obtida na hidrólise, foi utilizado a metodologia God Pod, glicose monoreagente, da marca Bioclin, utilizando um espectrofotômetro a 505 nm para realizar a leitura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As respostas das quantidades de glicose para a hidrólise ácida do BMC nas condições estabelecidas pelo planejamento do tipo composto central para o bagaço in natura e seco a 60°C, estão apresentadas na Tabela 2.

Ensaio	Conc.Ác. (mg/g)	Mliq/Msol (g/g)	Tempo (min)	In Nat (g/L)	Seco 60°C (g/L)
1	150,00 (-1)	8 (-1)	12 (-1)	3,674	3,585
2	150,00 (-1)	8 (-1)	22 (1)	4,289	4,232
3	150,00 (-1)	12 (1)	12 (-1)	3,244	2,837
4	150,00 (-1)	12 (1)	22 (1)	4,112	3,977
5	250,00 (1)	8 (-1)	12 (-1)	3,851	3,238
6	250,00 (1)	8 (-1)	22 (1)	4,099	3,833
7	250,00 (1)	12 (1)	12 (-1)	3,808	3,144
8	250,00 (1)	12 (1)	22 (1)	4,130	4,032
9	116 (-1,7)	10 (0)	17 (0)	3,133	2,916
10	284 (1,7)	10 (0)	17 (0)	3,618	3,498
11	200,00 (0)	6,6 (-1,7)	17 (0)	4,393	4,318

12	200,00 (0)	13,3 (1,7)	17 (0)	4,154	4,020
13	200,00 (0)	10 (0)	8,6 (-1,7)	3,725	2,717
14	200,00 (0)	10 (0)	25,4 (1,7)	4,425	3,931
15 (C)	200,00 (0)	10 (0)	17 (0)	3,871	3,796
16 (C)	200,00 (0)	10 (0)	17 (0)	3,897	3,854
17 (C)	200,00 (0)	10 (0)	17 (0)	3,845	3,741

Tabela 2 - Matriz do DCCR apresentando as variáveis independentes codificadas e não codificadas e os resultados de concentração de hidrólise

Os resultados da hidrólise ácida do BMC nas duas condições do bagaço (in natura, seco a 60 °C), foram analisados estatisticamente utilizando o planejamento experimental por meio do programa estatístico STATISTIC 7.1. Nestes planejamentos experimentais, considerou-se um nível de significância de 90%, ou seja, foram considerados significativos os parâmetros $p < 0,1$.

Analisando a Tabela 2, podemos observar uma boa reprodutibilidade entre os pontos centrais, evidenciando a qualidade da repetibilidade do processo. Em relação à condição in natura, as maiores concentrações de glicose após a hidrólise ácida, foram obtidas nos ensaios 11 e 14 em que foram obtidas concentrações de glicose de 4,393 e 4,425 g/L, respectivamente. Nos dois casos, a concentração do ácido foi mantida em 200 mg de ácido para cada grama de bagaço seco. Comparando o experimento 14 com o ensaio 13, verifica-se que a diminuição do tempo de hidrólise de 25,4 para 8,6 minutos, mantendo as outras variáveis constantes, a resposta foi diminuída em aproximadamente 16%. Essa variação dos valores pode nos sugerir que o tempo seja uma variável relevante no processo. Ainda na condição in natura, pode-se observar que as piores respostas foram obtidas nos ensaios 9 e 3, gerando concentrações de glicose de apenas 3,133 e 3,244 g/L respectivamente. Isso representa uma diminuição de aproximadamente 41% em relação ao melhor resultado para esta condição do bagaço. Nestes ensaios, podemos observar que foram utilizados os menores níveis de concentração ácida (116 e 150 mg/g). Nestes dois experimentos, observa-se que a variável razão de massa da solução pela massa do sólido seco oscilou entre o nível intermediário (10,0 g/g) e superior (12,0 g/g), o que pode sugerir que esta variável em altos valores não contribui para a melhoria da resposta. Podemos sugerir também que o aumento da concentração do ácido está sendo benéfico para o resultado do experimento. Ao traçar um comparativo entre a melhor condição (ensaio 14) e a pior (ensaio 9) para o bagaço in natura, vimos que o aumento da concentração ácida (de 116 mg/g para 200 mg/g) e do tempo de hidrólise (de 17 min para 25,4 min) mantendo a razão mássica em 10 g/g, melhorou o desempenho da hidrólise. Com isso pode-se observar uma forte influência da

concentração ácida e do tempo no desempenho da hidrólise, sendo que o aumento da concentração ácida e do tempo resulta em melhores resultados da hidrólise.

A partir dos valores apresentados na Tabela 2, realizou-se uma regressão múltipla obtendo uma estimativa dos efeitos de cada variável avaliada na hidrólise ácida do bagaço e suas interações. Após análise da regressão múltipla, obteve-se o modelo na sua forma reduzida contendo apenas os parâmetros significativos, representado pela Equação 1.

$$[\text{Glicose}] = 3,871604 + 0,101390C - 0,177266C^2 - 0,077266R + 0,140225R^2 + 0,236530t + 0,070045t^2 + 0,074375C \cdot R - 0,114125C \cdot t \quad [1]$$

Este modelo apresentou um coeficiente de determinação $R^2=92\%$. O modelo matemático encontrado após o planejamento fatorial, foi validado empregando valores de temperatura, massa e vazão dentro da faixa estudada no planejamento. A partir da Equação 1, foram geradas as superfícies de resposta e as curvas de níveis que correspondem a cada par de variáveis independentes em função da variável resposta concentração de glicose, dada em gramas de glicose por litro de solução.

Ao observar a Figura 1, verifica-se que a região de maior liberação de glicose está compreendida nos maiores tempos de reação e em uma faixa entre os níveis -1 e +1 da concentração ácida (nível intermediário). Isso condiz com os resultados obtidos nos experimentos 2 e 14, em que apresentaram os valores mais expressivos de açúcar. O contrário, pode-se dizer do experimento 3, com o menor nível de tempo e concentração, apresentou uma das menores quantidades de glicose ao final da hidrólise. Ao observar a relação entre tempo e as relações de massa, os níveis superiores de tempo, provocaram o aumento na obtenção de glicose, enquanto a relação de massa apresentou melhores resultados em seus níveis extremos, mínimo e máximo, o que confirma que a interação entre estes dois fatores não é significativo para o modelo, no nível de confiança de 90%. Isso sugere que o efeito de cada variável não afetou em nenhum nível a outra variável empregada. Entre os níveis mínimos e máximos da relação de massa, associada a níveis intermediários de concentração ácida levou às maiores concentrações de glicose, onde essa interação não foi significativa para o trabalho desenvolvido por Mussato e Roberto (2006), no nível de confiança de 95% ($p > 0,05$).

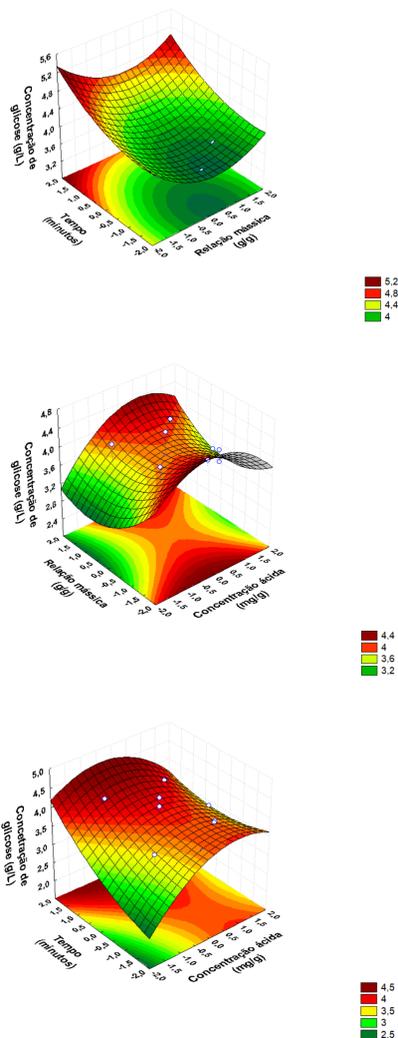


Figura 1 - Superfícies de respostas para o planejamento estatístico na quantificação de glicose do bagaço in natura.

Outros pesquisadores encontraram que a variável concentração de ácido foi a mais significativa, e que tempos elevados podem levar a transformação dos açúcares gerados em outros compostos, reduzindo o rendimento, porém em muitos casos esses tempos são consideravelmente maiores (40, 60, 90 até 120 min) (MELO et al., 2008; EL-TAYEB et al., 2012) do que os estudados neste estudo

Em relação à condição do bagaço seco a 60°C, a maior concentração de glicose após a hidrólise ácida, foi obtida no ensaio 11 em que foi observado a concentração de glicose de 4,318 g/L. Nesse ensaio, a concentração do ácido e o tempo apresentam-se nos níveis intermediários, e a razão mássica no menor nível.

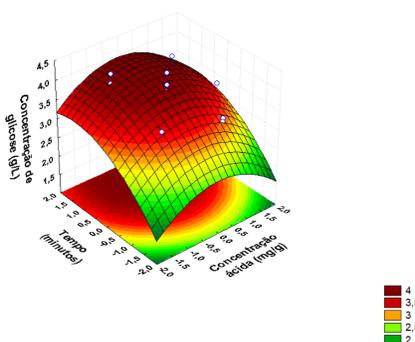
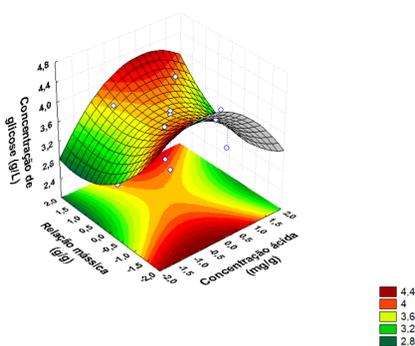
Comparando o ensaio 11 com o ensaio 17, verifica-se que o aumento da razão de massa da solução pela massa do sólido seco de 6,6 para 10 g/g, mantendo as outras variáveis constantes, piorou o desempenho da hidrólise em mais de 13%. As piores respostas para a condição do BMC seco a 60°C foram obtidas nos ensaios 3 e 13, gerando concentrações de apenas 2,717 e 2,837 g/L, respectivamente. Isso representa uma redução de aproximadamente 37% em relação ao melhor resultado para esta condição do bagaço. Comparando o experimento 13 com o ensaio 14, verifica-se que o aumento do tempo de hidrólise de 8,6 min para 25,4 min, mantendo as outras variáveis constantes, a resposta foi melhorada em aproximadamente 31%, o que pode sugerir que a variável tempo, também na condição seco a 60°C seja uma variável significativa, comprovando o que foi observado na condição in natura.

Para esta condição do bagaço, foi feita a mesma análise estatística realizada no bagaço in natura, obtendo o modelo reduzido representado pela Equação 2 ($R^2=92,0\%$.)

$$[\text{Glicose}] = 3,793323 - 0,195930C^2 - 0,102452R + 0,144188R^2 + 0,388940t - 0,154564t^2 + 0,138500C \cdot R \quad (2)$$

Aqui também foi realizada a validação do modelo matemático encontrado após o planejamento fatorial, empregando valores de temperatura, massa e vazão dentro da faixa estudada no planejamento. Pode-se notar que o termo linear do tempo foi o mais significativo, sendo seu efeito quase 55% superior ao da concentração de ácido quadrática, segundo termo com maior significância para o modelo. Isso mostra que o aumento do tempo favorece a formação de glicose nas condições estudadas. Ao analisar as Figuras, observa-se que entre os tempos de 17 – 22 minutos, e concentrações ácidas entre 200 – 250 mg/g, ambas em seus níveis 0 a +1, foram obtidas maiores quantidades de glicose. Isso pode ser observado nos experimentos 8 e 11, que trabalhando com os níveis intermediários e máximos destes fatores, tiveram os maiores valores de glicose após a reação. Já nos experimentos 3 e 13, em que foram adotados níveis próximos ao mínimo, foram observados os menores resultados. Os melhores resultados podem ser obtidos em uma faixa ampla de concentração, para ambas as variáveis (entre os níveis -1 e +1). Tempos intermediários com níveis mínimo e máximo da relação de massa (8 e 12 g/g), sugerem um aumento na obtenção de glicose, fato este comprovado pela não significância desta interação para este modelo o que sugere que o efeito de cada variável não afetou em nenhum nível a outra variável empregada. Isso pode ser observado nos experimentos 2, 8 e 11, em que foram observados os maiores valores de glicose, após a hidrólise. Já nos ensaios 3 e 13, foram obtidos os menores níveis de açúcar, confirmando o que foi encontrado nas análises estatística

para esta condição do bagaço. Observa-se que nos níveis mínimos e intermediários da concentração ácida associados a níveis baixos da relação de massa, levaram às maiores concentrações de glicose. Isso pode ser observado nos experimentos 2 e 11, que trabalhando com as menores relações mássicas (níveis baixos) e concentrações moderadas a baixas (níveis intermediários e menores), conseguiram os maiores valores de glicose para esta condição do bagaço. Verifica-se então, que o fator tempo foi o de maior relevância em todas as condições estudadas. É possível perceber também, que baixos tempos de hidrólise com ácido diluído levam a uma quebra parcial dos compostos lignocelulósicos, ou seja, maior quantidade de glicose ocorre a tempos maiores do que as estudadas nestes ensaios. Porém, ao comparar com a literatura, vê-se que tempos muito elevados favorecem a degradação dos açúcares formados, reduzindo o rendimento do processo (MELO et al., 2008).



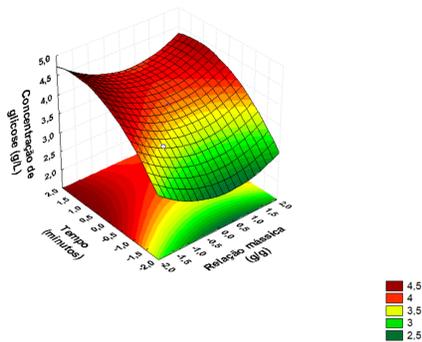


Figura 2 - Superfícies de respostas para o planejamento estatístico na quantificação de glicose do bagaço seco a 60°C.

Dussán et al. (2014) encontraram uma baixíssima influência da interação entre a concentração ácida e o tempo em seus estudos na liberação de açúcares, porém, nesta pesquisa, tempos menores levaram aos maiores rendimentos da hidrólise, sendo o contrário ao encontrado neste estudo.

Pelas superfícies de resposta, pode-se perceber que para maximizar os resultados, seria necessário ampliar a faixa de tempo estudada a níveis mais altos, tomando-se os devidos cuidados para se evitar a degradação da glicose. Isso pode ser observado nos experimentos onde utilizou-se maiores tempos, obtendo-se maiores valores de glicose independentemente da condição do bagaço. Somando-se a este fator, pode-se dizer também que o aumento da concentração ácida favoreceu a reação nas duas condições do bagaço.

Após analisados os dados obtidos neste estudo, foi possível observar que o processo de secagem influenciou na reação de hidrólise ácida de forma a diminuir parcialmente a variável resposta. Comparando todos os experimentos para as duas formas de bagaço, verifica-se a superioridade da forma in natura. Ainda que o processo de secagem não influenciou de forma positiva durante a hidrólise para a obtenção de glicose, foi possível ver que no geral, a diferença não se mostrou tão discrepante. Isso nos faz refletir que esta operação unitária seria importante para aumentar a preservação deste resíduo, o que aumentaria seu tempo de uso, facilitando seu armazenamento, e ainda facilitaria o transporte, visto que seriam transportado uma quantia maior do material concentrado.

4 | CONCLUSÃO

A investigação da influência da secagem do hidrolisado do BMC com ácido sulfúrico diluído, permitiu concluir que existem diferenças significativas em alguns resultados obtidos das concentrações de glicose ao nível de 10%. Verificou-se de

forma geral que os fatores tempo de hidrólise e concentração ácida contribuíram positivamente na reação, enquanto que o fator relação mássica contribuiu de forma negativa. Para a condição in natura, as maiores respostas foram obtidas. Para o bagaço seco a 60°C, obteve-se maiores valores de glicose em concentração moderada de ácido, baixa razão de massa da solução ácida por massa do bagaço seco e para maior tempo de hidrólise. Visto que a secagem não influenciou de forma positiva a obtenção de glicose, acredita-se que o uso do bagaço in natura possa ser dificultado pela sua dificuldade de conservação e armazenamento. Assim, sugere-se o uso desta operação unitária com o intuito de obter bagaços que favoreçam o aumento da concentração de glicose, o que pode vir a ser considerado um indicador do uso deste material na produção de etanol 2G.

REFERÊNCIAS

- BES, K.; LEMÕES, J. S.; SILVA, C.F. L.; SILVA, S.D. A. **Extraction and Characterization of lignin from the pre-treatment of biomass for 2nd generation ethanol production.** Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.24 no.1 Rio de Janeiro Jan./Feb. 2019 Epub Feb 21, 2019.
- CANIZO, J. R.; Callejas, L.C.; Serna-Saldívar S.; **Release of potentially fermentable sugars during dilute acid treatments of bermuda grass NK37 (Cynodondactylon) for second-generation ethanol production.** Journal of Chemical Technology and Biotechnolgy, v. 89, p. 1941-1947, 2014.
- DUSSÁN, K. J.; Da SILVA, D.D.V.; MORAES, E.J.C.; ARRUDA, P.V. **Dilute-acid hydrolysis of cellulose to glucose from sugarcane bagasse.** Chemical Engineering Transactions, v. 38, p. 433-438, 2014.
- EL-TAYEB, T. S.; ABDELHAFEZ, A. A.; ALI, S. H.; RAMADAN, E. M. **Effect of acid hydrolysis and fungal biotreatment on agro-industrial wastes for obtainment of free sugars for bioethanol production.** Brazilian Journal of Microbiology, p. 1523-1535, 2012.
- GÁRCIA-PEREZ, J.V.; GÁRCIA-ALVARADO, M.A.; CARCEL, J.A.; MULLET, A. **Extraction kinetics modeling of antioxidants from grape stalk (*Vitis vinifera* var. Bobal): influence of drying conditions.** Journal of Food Engineering, v.101, p.49-58, 2010.
- KATSUBE, T.; TSURUNAGA, Y.; SUGIYAMA, M.; FURUNO, T.; YAMASAKI, Y. **Effect to fair drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morusalba* L.) leaves.** Food Chemistry, v.113, p.964-969, 2009.
- MELO, W. C.; SANTOS A. S.; SANTA ANNA, L. M.; Jr, N. P. **Acid and Enzymatic Hydrolysis of the Residue from Castor Bean (*Ricinuscommunis*L.) Oil Extraction for Ethanol Production: Detoxification and Biodiesel Process Integration.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 19, p. 418- 425, 2008.
- MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. **Acid hydrolysis and fermentation of brewer's spent grain to produce xylitol.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 85, p. 2453-2460, 2005.

MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. **Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 81, p. 268- 274, 2006.

MUSSATTO, S.I. **Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications**. Journal of the Science of Food and Agriculture. 94, 1264-1275, 2014.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, S.; ABU-GHANNAM, N.; JAISWAL, A. K. **A comparative analysis of pretreatment strategies on the properties and hydrolysis of brewers' spent grain**. Bioresource Technology 248, 272–279, 2018.

SAKAR, N.; GHOSH, S.K.; BANNERJEE, S.; AIKAT, K. **Bioethanol production from agricultural wastes: An overview**. Renewable Energy. 37, 19-27. 2012.

SILVA, C. E. F.; GOIS, G.N.S.B.; SILVA, L.M.O.; ALMEIDA, R.M.R.G.; ABUD, A.K.S. **Citric waste saccharification under different chemical treatments**. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 37, n. 4, p. 387-395, oct.-dec. 2015.

SOFIYANTI, N.; FITMAWATI, D. I.; ROZA, A. A. **Stenochlaena riauensis (Blechnaceae), a new fern species from riau**, Indonesia, Bangladesh Journal of Plant Taxon 22, p. 137–141, 2015.

TORRES, C.; DÍAZ-MAROTO, M.C.; HERMOSÍN- GUTIÉRREZ, I.; PÉREZ-COELHO, M.S. **Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin**. Analytica Chimica Acta, v.660, p.177-182, 2010.

WIERZBA, S.; RAJFUR, M.; NABRDALIK, M.; KLOS, A. **Assessment of the influence of counter ions on biosorption of copper cations in brewer's spent grain - Waste product generated during beer brewing process**. Microchemical Journal 145, p. 196-203, 2019.

ZHANG, Y. **Reviving the carbohydrate economy via multi-product lignocelluloses biorefineries**. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, v.35, n. 5, p. 367-375, 2008.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Agentes nucleantes 35, 39
- Alface 124, 126, 127, 131
- Alginato de sódio 145, 147, 152
- Amido de manga 1, 8, 10
- Análise de combustíveis 12, 13
- Armazenamento de energia térmica solar 197
- Aromaterapia 48, 50, 51, 56, 57
- Atividade antioxidante 28, 113, 115, 116, 118, 119, 121, 122, 146
- Atividade biológica 28, 162

B

- Bagaço de malte de cervejaria 76, 78
- Biofuel 174, 175

C

- Capim limão 162, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171
- Caracterização fitoquímica 113
- Chalcona 27, 29, 30, 32, 33
- Conversão 78, 89, 90, 156, 192
- Corante 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 91, 155, 156, 157, 158, 160, 161
- Corantes têxteis 58, 60, 71

D

- Descoloração fúngica 58
- Dispersão água-óleo 41, 46

E

- Enzimas antioxidantes 123, 125, 126, 127, 130, 132
- Estabilidade oxidativa 96, 102
- Etanol de segunda geração 78, 191, 192, 193

G

- Gelificação iônica 145, 146, 147, 152

Goma de linhaça 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111

H

Hidrólise ácida 76, 78, 80, 81, 82, 86, 134, 136, 138, 139, 140, 142

L

Laurato de vinila 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10

M

Mathematical model 174, 183, 184, 185, 186, 188

Metais pesados 13, 14, 123, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132

Métodos eletroanalíticos 12

Métodos Eletroanalíticos 12, 16

Microencapsulação 145, 152, 153

Modelagem cinética 155, 156, 160

Modificador reológico 1, 3, 5, 9, 10

Montmorilonita 35, 36

N

Nanocelulose 134, 135, 136, 137, 138, 142, 143, 144

O

Óleo de maracujá 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102

Óleo de pequi 145, 147, 152

Óleo essencial 50, 51, 52, 53, 54, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171

Óleo ylang-ylang 48, 56

P

Pau-mocó 113, 114

Pet micronizado 35

Poli(ácido láctico) 35

Pré-hidrólise 134, 136, 138, 139, 140, 142

Pré-tratamento ácido 191, 192, 193, 195

Propriedades pro-oxidantes 155, 156, 160

R

Raio hidrodinâmico 104, 107, 109, 110, 111

Rama de mandioca 191

Reator CSTR 90

Reologia 104, 154

S

Separação gravitacional 41, 42, 43

Sistemas moleculares 197

T

Tempo de residência 89, 90, 91, 93, 94

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **3**

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

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **3**

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