

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

Atena  
Editora  
Ano 2020

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os 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. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
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  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
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. 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  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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  
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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão



Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Prof<sup>a</sup> 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  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 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  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 2  
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –  
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
 Modo de acesso: World Wide Web.  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-51-5  
 DOI 10.22533/at.ed.515202403

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará em especial trabalhos que contribuem a nível educacional e aplicado tanto na área de engenharia química, química e tecnologias.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a energias renováveis, aproveitamento de resíduo agroindustrial, desenvolvimento de simulador de processos, simulação de custos de produção, e em especial estudos correlacionados a nível educacional por meio de jogos didáticos, quiz educativo com foco na aprendizagem de reações químicas e tabela periódica. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à aproveitamento de resíduos, disseminação de conhecimento, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais, reutilização de resíduos de regiões específicas do país é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR	
Caroline Santos Silva	
Lucas Rodrigo Custódio	
Kássia Graciele dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ NA PRODUÇÃO DE BIOCHAR PARA IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE <i>RHIZOPUS ORYZAE</i> E SÍNTESE DE PALMITATO DE CETILA	
Danyelle Andrade Mota	
Jefferson Cleriston Barros dos Santos	
Lays Carvalho de Almeida	
Álvaro Silva Lima	
Laiza Canielas Krause	
Cleide Mara Faria Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
ANÁLISE DA PERDA AO FOGO DE CORPOS DE PROVA CERÂMICOS FORMULADOS COM CINZA LEVE PROVENIENTE DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL PULVERIZADO	
Gabryella Cerri Mendonça	
Cristiano Corrêa Ferreira	
Flávio André Pavan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
ESTABILIDADE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE CUPUAÇU ( <i>Theobroma grandiniflorum</i> ) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E TEMPERATURAS	
Simara Ferreira Borges	
Harvey Alexander Villa Vélez	
Romildo Martins Sampaio	
Valkerline Pinto Pires	
Audirene Amorim Santana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS DE ESTADO EM MODELO DE HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS	
Camila Santana Dias	
Leandro Santos Monteiro	
Bruno Marques Viegas	
Diego Cardoso Estumano	
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5152024035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE MODELOS DE BALANÇO POPULACIONAL PARA SISTEMAS PARTICULADOS	
Carlos Henrique Rodrigues de Moura	
Diego Cardoso Estumano	
João Nazareno Nonato Quaresma	



Emanuel Negrão Macêdo  
Bruno Marques Viegas  
Leandro Santos Monteiro  
Diego Sousa Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.5152024036**

**CAPÍTULO 7 ..... 73**

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE  
PARAMÉTRIOS EM MODELO DE BALANÇO POPULACIONAL DE CRISTALIZAÇÃO DE GIBBSITA  
COM CINÉTICA CONSTANTE

Carlos Henrique Rodrigues de Moura  
Diego Cardoso Estumano  
João Nazareno Nonato Quaresma  
Emanuel Negrão Macêdo  
Bruno Marques Viegas  
Leandro Santos Monteiro  
Diego Sousa Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.5152024037**

**CAPÍTULO 8 ..... 85**

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE  
PARÂMETROS EM MODELOS DE CURVAS DE RUPTURA

João Paulo de Souza Coutinho  
Ianka Cristine Benicio Amador  
Bruno Marques Viegas  
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro  
Diego Cardoso Estumano

**DOI 10.22533/at.ed.5152024038**

**CAPÍTULO 9 ..... 100**

DESCRIÇÃO FÍSICA DE FIBRAS DE COCO (*COCO NUCIFERA L.*) SUBMETIDAS A TRATAMENTO  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE MACERAÇÃO

Nayara Maria Monteiro da Silva  
Carla Arnaud de Azevedo  
Alefhe Bernard Cordovil Mascarenhas  
Raíssa Cristine Santos de Araújo  
Gabriela Nascimento Vasconcelos  
Rafael Maia de Oliveira  
Elza Brandão Santana  
Lênio José Guerreiro de Faria

**DOI 10.22533/at.ed.5152024039**

**CAPÍTULO 10 ..... 116**

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PROCESSOS USANDO LINGUAGEM VISUAL BASIC  
FOR APPLICATIONS (VBA) PARA A OXIDAÇÃO DO TOLUENO

Herbert Senzano Lopes  
Vanja Maria de Franca Bezerra  
Matheus Henrique Antonio Aboukalam da Cruz  
Osvaldo Chiavone-Filho  
Carlson Pereira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.51520240310**

**CAPÍTULO 11 ..... 123**

O USO DA EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA FACILITADORA PARA O ENSINO DE REAÇÃO DE DUPLA TROCA

Luciane Neves Ribeiro  
Charles Garcia da Cunha  
Joseane Cunha da Conceição  
Layze Maria da Silva e Silva  
Lindsey Bianca Araújo Fialho  
Suzianne Saldanha da Silva  
Vitor dos Santos de Carvalho  
Miracleide de Araújo Batista Carneiro  
Kelly das Graças Fernandes Dantas  
Patrícia Santana Barbosa Marinho

**DOI 10.22533/at.ed.51520240311**

**CAPÍTULO 12 ..... 130**

O LÚDICO ATRAVÉS DE JOGOS DIDÁTICOS COMO AUXÍLIO EM AULAS DE TABELA PERIÓDICA PARA ALUNOS DO 9º ANO

Manoel Leão Lopes Junior  
Lourivaldo Silva Santos  
Marivaldo José Costa Corrêa  
Raílda Neyva Moreira Araújo  
Haroldo da Silva Ripardo Filho  
Luely Oliveira da Silva  
Catarina Estumano Bandeira  
Lucio Flavio Pires Santos  
Jéssica de Souza Viana  
Felipe Augusto da Silva Bezerra

**DOI 10.22533/at.ed.51520240312**

**CAPÍTULO 13 ..... 140**

SIMULAÇÃO EM SUPERPRO DESIGNER DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SOLIDO

Antonio Dheyson da Silva Oliveira  
Rodrigo Silva Dutra  
Sebastian Ospina Corral  
Cristian Orlando Avila  
Carlos Eduardo Orrego  
Lina María Grajales

**DOI 10.22533/at.ed.51520240313**

**CAPÍTULO 14 ..... 152**

O PROCESSO DE FISCALIZAÇÃO DO CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA 6ª REGIÃO PA/AP

Denise de Mello Lima  
Dionis Rogério Costa Peixoto  
Cristiane Maria Leal Costa  
Célio Augusto Gomes de Souza  
Antonio Claudio Lima Moreira Bastos  
Allysson Bruno Almeida Ramos

**DOI 10.22533/at.ed.51520240314**

**CAPÍTULO 15 ..... 159**

QUIZ EDUCATIVO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE TABELA PERIÓDICA

Layze Maria da Silva e Silva

Luciane Neves Ribeiro  
Joseane Cunha Da Conceição  
Vitor Dos Santos De Carvalho  
Suzianne Saldanha Da Silva  
Lindsey Bianca Araujo Fialho  
Charles Gracia da Cunha  
Miracleide De Araújo Batista Carneiro  
Kelly Das Graças Fernandes Dantas  
Patrícia Santana Barbosa Marinho

**DOI 10.22533/at.ed.51520240315**

**CAPÍTULO 16 ..... 164**

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DA BIOMASSA DO FUNGO *ASPERGILLUS SP*, ISOLADO COMO ENDOFÍTICO DA ESPÉCIE *Paspalum maritimum* TRIN

Manoel Leão Lopes Junior  
Lourivaldo Silva Santos  
Marivaldo José Costa Corrêa  
Raílda Neyva Moreira Araújo  
Haroldo da Silva Ripardo Filho  
Luely Oliveira da Silva  
Lucio Flavio Pires Santos  
Jéssica de Souza Viana  
Felipe Augusto da Silva Bezerra

**DOI 10.22533/at.ed.51520240316**

**CAPÍTULO 17 ..... 173**

ATIVIDADE FITOTÓXICA DA BIOMASSA PRODUZIDA PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Glomerella cingulata*

Manoel Leão Lopes Junior  
Lourivaldo Silva Santos  
Marivaldo José Costa Corrêa  
Raílda Neyva Moreira Araújo  
Haroldo da Silva Ripardo Filho  
Luely Oliveira da Silva  
Lucio Flavio Pires Santos  
Jéssica de Souza Viana  
Felipe Augusto da Silva Bezerra

**DOI 10.22533/at.ed.51520240317**

**CAPÍTULO 18 ..... 181**

CHEMICAL CONSTITUENTS AND LARVICIDAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (RUTACEAE) AGAINST *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Camila Aline Romano  
Matheus Gabriel de Oliveira  
Matheus de Sousa Melo Morais  
Andressa Tuane de Santana Paz  
Liliane de Sousa Silva  
Heloisa Helena Garcia da Silva  
Ionizete Garcia da Silva  
Adelair Helena dos Santos  
José Realino de Paula

**DOI 10.22533/at.ed.51520240318**

**CAPÍTULO 19 ..... 192**

ESTIMATIVA DA CURVA DE RUPTURA DO PROCESSO DE ADSORÇÃO ATRAVÉS DO ALGORITMO



DE REAMOSTRAGEM POR IMPORTÂNCIA

Ianka Cristine Benicio Amador  
Bruno Marques Viegas  
Diego Cardoso Estumano  
Emanuel Negrão Macêdo  
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.51520240319**

**CAPÍTULO 20 ..... 205**

DETERMINAÇÃO DO PERFIL ÓTIMO DE TEMPERATURA PARA UM BIOPROCESSO EM BATELADA DE PRODUÇÃO DE PENICILINA REPRESENTADO POR UM MODELO MATEMÁTICO

Samuel Conceição de Oliveira  
Angel Gustavo Tolaba

**DOI 10.22533/at.ed.51520240320**

**CAPÍTULO 21 ..... 218**

AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS NA MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE REMOÇÃO DE SULFATO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS EM BIORREATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Samuel Conceição de Oliveira  
Arnaldo Sarti

**DOI 10.22533/at.ed.51520240321**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 228**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 229**

## EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR

Data de aceite: 16/03/2020

### Caroline Santos Silva

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, ICTE,  
Departamento de Engenharia Química  
Uberaba-MG  
<http://lattes.cnpq.br/0354040436518609>

### Lucas Rodrigo Custódio

Universidade Federal do Triângulo Mineiro,  
Programa de Pós-Graduação Multicêntrico de  
Química de Minas Gerais  
Uberaba-MG  
<http://lattes.cnpq.br/9281477228100823>

### Kássia Graciele dos Santos

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, ICTE  
e Programa de Pós-Graduação Multicêntrico de  
Química de Minas Gerais  
Uberaba-MG  
<http://lattes.cnpq.br/9680475824447820>

**RESUMO:** No processo de lixiviação para obtenção de óleo vegetal, o aquecimento do solvente é uma das etapas mais onerosas do processo e poderia ser substituída por uma alternativa sustentável. Neste contexto, o presente trabalho consistiu na extração do óleo da amêndoa de baru empregando um equipamento para extração em leito fixo com solvente, que é aquecido por energia solar. O leito contendo as partículas da amêndoa do baru

foi posicionado na região focal do Concentrador Solar Biangular de Doze Lados (CSBDL). Foram realizados testes de extração de óleo para partículas com diferentes granulometrias e em diferentes vazões de solvente, a fim de avaliar a eficiência de extração e a temperatura de operação, que é função das condições climáticas. Os melhores resultados de rendimento de extração ocorreram para as partículas menores (1,09 mm), na vazão de 25 mL/min de etanol, removendo cerca de 89,3% do óleo inicialmente presente na castanha, operando por 2 h. O CSBDL é um concentrador de baixo custo e fácil construção, podendo suprir a demanda de pequenos produtores rurais e cooperativas, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos empregando vegetais oriundos do Cerrado Brasileiro, como a castanha do baru.

**PALAVRAS-CHAVE:** lixiviação, sustentabilidade, energias renováveis, óleo-resina, castanha de baru.

**ABSTRACT:** In the leaching process for oil extraction, the solvent heating is the costly step and could be replaced by a sustainable alternative. In this context, the present work consisted in the oil extraction from baru almond, using a solvent extraction in fixed bed, which is heated by solar energy. The bed packed with baru almond particles was placed in the focal

region of solar concentrator. The leaching experiments were performed using two different particle size and three different solvent flowrates, in order to evaluate the extraction efficiency and the final temperature, which are a function of the weather. The best extraction yield results occurred for the smallest particles (1.09 mm), at 25 mL/min ethanol flow, removing about 89.3% of the oil initially present in the nut, operating for 2 h. The solar concentrator was a low cost equipment and easy to build, being able to supply the demand of small farmers and cooperatives, enabling the development of new products using vegetables from the Brazilian savanna, such as baru nuts.

**KEYWORDS:** leaching, sustainability, renewable energy; oil, baru almond.

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante da conversão da paisagem natural do Cerrado em áreas agrícolas, os governos e a sociedade brasileira discutem estratégias de conservação, como o incentivo à pequena produção familiar e o extrativismo sustentável.

O Barueiro (*Dipteryx alata Vog*) é uma árvore frutífera típica do cerrado e que está ameaçado de extinção, principalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal (CARRAZZA; D'ÁVILA, 2010). Devido aos seus múltiplos usos, dentre eles alimentar, madeireiro, medicinal, industrial, paisagístico, o baru é uma das espécies mais promissoras para cultivo no cerrado e pode auxiliar na recuperação de áreas degradadas (ALVES et al., 2010).

O baru é composto por uma polpa externa de sabor doce, que envolve um endocarpo lenhoso bastante duro, que protege no seu interior a castanha. Tanto a polpa como a castanha podem ser exploradas através do uso sustentável para o aproveitamento das frações proteicas e lipídicas (GUIMARÃES et al., 2012).

O óleo da amêndoa de Baru tem ganhado espaço de destaque no cenário mundial. Dentre as propriedades terapêuticas e cosméticas deste óleo, podemos citar sua ação antirreumática, sudorífera, tônica, antienvhecimento, cicatrizante, facilitar o controle do colesterol e o emagrecimento (CARRAZZA; D'ÁVILA, 2010).

Os óleos brutos podem ser obtidos a partir de diversos vegetais, como da amêndoa do Baru, por meio de processos como prensagem a frio, bem como de lixiviação empregando solvente. A lixiviação ou extração sólido-líquido pode ser realizada em tanque agitado, extratores contínuos e também em leito fixo.

No entanto, o aquecimento do solvente no processo de lixiviação é uma das etapas que consome mais energia, o que torna o processo dispendioso.

Nesse contexto, o uso de energias renováveis para o aquecimento do solvente extrator é uma saída sustentável e ambientalmente limpa, que pode tornar economicamente viável o processo de produção de óleos em pequena escala. Isto favorece o extrativismo de regiões como a do Cerrado, que possui um bioma diversificado e com possibilidade de gerar óleos de alto valor agregado, como óleo da



amêndoa do Baru. Este trabalho teve como objetivo principal empregar a energia solar como fonte alternativa de energia a extração sólido-líquido (lixiviação) de óleo-resina da amêndoa de baru utilizando etanol como solvente. A extração foi realizada em leito fixo com alimentação contínua de solvente até o esgotamento do óleo do material. Também se estudou o efeito da vazão de solvente sobre a eficiência de extração de óleo em um leito fixo. O aquecimento do solvente foi realizado em um concentrador solar biangular de doze lados (CSBDL), um equipamento de fácil construção e baixo custo, tornando o processo sustentável.

## 2 | MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do material particulado

Com a amêndoa já retirada do fruto, removeu-se a casca por um processo manual. Em seguida, o material foi triturado usando um martelo. Foi realizado o peneiramento da amostra, empregando com diâmetro de abertura de 2,80; 2,36; 2,00; 1,18 e 0,84 mm. Para proceder à extração, o material foi separado em dois conjuntos de amostras, com granulometria média de 1,01 mm e 2,18 mm.

A densidade bulk do material usado na extração corresponde razão entre a massa da amêndoa de baru (120 g) e o volume do leito fixo usado na extração (290 cm<sup>3</sup>), obtendo-se uma densidade bulk de 0,414 g/cm<sup>3</sup>.

O método convencional Soxhlet foi empregado a fim de estimar a porcentagem de óleo presente na amêndoa do baru.

Para a realização do experimento foi usada a granulometria de 1,09 mm e como solvente o álcool etílico (96,3%). Os testes no Soxhlet foram feitos em duplicatas, de acordo com a metodologia proposta por Cavalcante et al. (2011). Uma massa de amostra igual a 15 gramas é inserida dentro de um cartucho, onde este é introduzido no extrator Soxhlet, e em seguida, esse cartucho é submerso no solvente. Adiciona-se 150 mL de solvente e inicia-se a circulação de água para condensar o solvente e evitar a perda por evaporação. Após o período de quatro horas, a mistura continua sendo aquecida até que todo solvente seja evaporado.

Após o resfriamento, o balão contendo o óleo e a amostra das partículas foram levados à estufa. O teor de óleo extraído foi calculado pela razão da perda de massa na extração e massa inicial da amostra.

### 2.2 Unidade Experimental de Extração com aquecimento solar

A Figura 1 mostra um esquema do equipamento (a) e a unidade experimental (b), que é composto por: 1) concentrador solar; 2) bomba peristáltica; 3) leito fixo (Fig. 1c,d); 4) cobertura de vidro que propicia o efeito estufa; 5) recipiente de alimentação de solvente; 6) recipiente de coleta do extrato. O leito absorvedor consistiu em um tubo

cilíndrico de cobre de 5 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, que foi recoberto com tinta preta fosca, com o intuito de aumentar sua eficiência de absorção da radiação solar.



Figura 1: Unidade experimental de extração sólido-líquido: (a) esquema; (b) equipamento; (c) posicionamento concentrador solar; (d) leito fixo.

Assim, o leito fixo contendo as partículas foi posicionado na região focal do CSBDL, onde ocorre a convergência dos raios solares refletidos pelo concentrador solar (Figura 2). Uma cobertura de vidro envolveu o leito fixo, a fim de criar o efeito estufa, além de impedir perdas de calor por convecção. A parte inferior da estrutura possuía três suportes: um para o suplemento de solvente, outro para armazenar o extrato e outro para posicionar a bomba peristáltica.

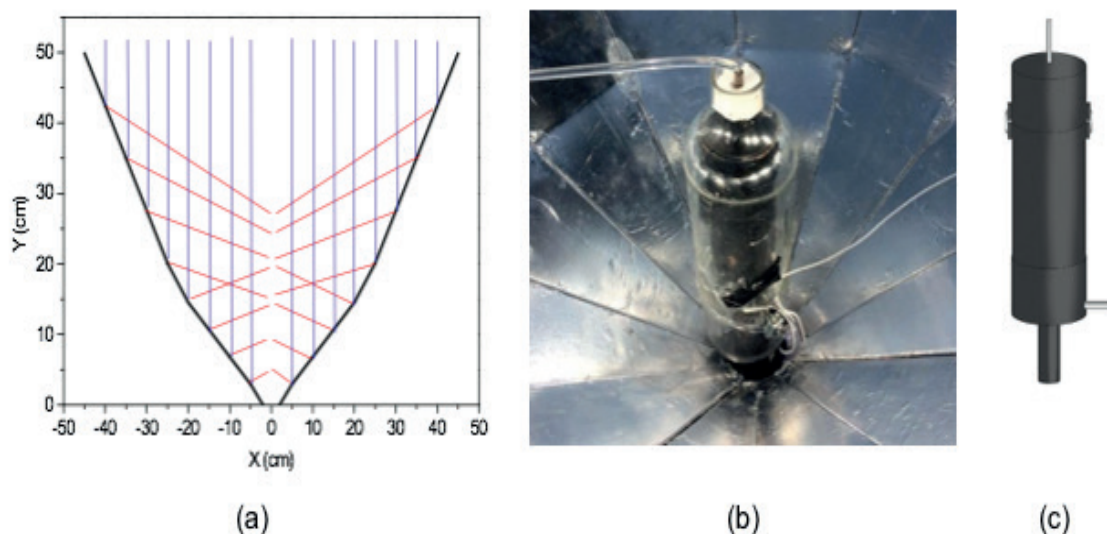


Figura 2: Concentrador solar biangular de doze lados: (a) foco calculado; (b) posicionamento do leito no foco, (c) detalhe do leito fixo.

Fonte: Tavares e Santos (2016).

## 2.3 Lixiviação assistida por energia solar

Os experimentos foram realizados na Universidade Federal do Triângulo Mineiro, no Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas – ICTE, situado na cidade de Uberaba-MG. Sua posição geográfica é 19° 45' 27" latitude Sul e 47° 55' 36" longitude Oeste. Em 2017, a região recebeu uma radiação solar média anual de 4.950 Wh/m<sup>2</sup> e um nível de insolação médio diário de 7 horas (INPE, 2017).

Os experimentos foram realizados em diferentes dias, entretanto, buscando garantir uma boa operação, os dias escolhidos apresentavam condições ambientais favoráveis, ou seja, dias com céu aberto e temperatura ambiente acima de 25°C.

No processo de extração por solvente, a vazão é uma das variáveis comumente manipulada para estabelecer as condições de operação desejadas no processo de extração. O aumento da vazão geralmente aumenta a extração até um certo ponto, pois aumenta os coeficientes convectivos de transferência de massa.

Por outro lado, este aumento também diminui o tempo de residência do solvente, reduzindo assim o tempo de contato fluido-partícula, essencial à etapa de difusão, tanto do solvente para o interior dos poros, quanto da micela para o seio da solução. No caso da extração no concentrador solar, a variação da vazão também influencia a temperatura do fluido de extração, sendo que maiores tempos de residência conduzem à maiores temperaturas de operação.

É ideal que o processo opere próximo a temperatura de ebulição do solvente, pois nessa temperatura tem-se a diminuição da viscosidade do óleo e um aumento de solubilidade deste, o que permite ao etanol interagir com o óleo e transportá-lo para fora da célula.

Neste trabalho, as variáveis analisadas foram o tamanho das partículas (amostra A com 1,01 mm e amostra B com 2,18 mm) e a vazão de alimentação do solvente (15, 25 e 35 mL/min). O solvente empregado foi o álcool etílico (96,3%), alimentado na vazão determinada por meio de uma bomba peristáltica.

Para cada experimento foi gasto um tempo de extração de 2 h. Ao longo do experimento, foram coletadas medidas de temperatura na parede leito fixo, nas paredes interna e externa do vidro, do ar e do extrato que deixa o extrator, por meio de termopares do tipo K.

Ao término da prática, a torta foi levada à estufa por um período de 24 h. A massa de óleo extraída foi calculada pela diferença entre a massa inicial da amostra e a massa de torta seca. O rendimento da extração ( $\eta$ ) foi calculado pela razão entre o óleo extraído no experimento com energia solar e o óleo extraído no Soxhlet.

## 2.4 Cinética de extração

Para a realização do teste de cinética de extração no concentrador solar, foram usadas 6 amostras de 50 gramas da menor granulometria encontrada. O uso

da granulometria aplicada é justificado a partir da disponibilidade de material, e a quantidade de experimentos foi determinada levando-se em consideração a quantidade de solvente disponível.

As análises foram feitas em tempos de coleta de 5, 10, 20, 30, 60 e 120 minutos. E ao fim de cada coleta, a torta era encaminhada à estufa numa temperatura de 100°C por 24 horas. Passado esse tempo, pesava-se a amostra e obtinha-se o valor de óleo retido em cada tempo.

### 3 | RESULTADOS

#### 3.1 Extração empregando o Extrator Soxhlet

O método convencional de extração empregando o Soxhlet foi utilizado a fim de estimar a quantidade de óleo presente inicialmente nas amêndoas de baru. A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de extração em duplicata, no qual pode-se estimar que a amêndoa de baru contém cerca de 34,53 % em massa de óleo-resina. Esse valor foi empregado como referência no cálculo do rendimento da extração empregando o extrator com energia solar.

Massa da torta seca	Massa do óleo	Óleo (%)	Rendimento médio (%)
9,805	5,195	34,631	34,539
9,833	5,167	34,447	

Tabela 1: Valores obtidos no método convencional de extração (Soxhlet)

#### 3.2 Lixiviação assistida por energia solar

A Tabela 2 apresenta os valores de teor de óleo extraído e o rendimento de extração, quando comparado ao inicialmente presente na amostra.

$d_p$ (mm)	Exp.	Q (mL/min)	Teor (%)	$\eta$ (%)
1,01	1	15	28,61	82,83
	2	25	30,83	89,25
	3	35	25,67	74,31
2,18	4	25	18,76	54,32
	5	35	17,93	51,90

Tabela 2: Teor de óleo extraído e rendimentos de extração do óleo de baru.

Observa-se que a extração empregando as menores partículas (1,01 mm) resultou em uma maior eficiência de extração, quando comparada com as partículas de 2,18 mm, mostrando que na maior granulometria a transferência de massa interna limita a operação de extração. A extração com maior rendimento,  $\eta=89,25\%$ , foi obtida para a vazão de alimentação de 25 mL/min e  $dp=1,01$  mm, como ocorreu em trabalhos



anteriores na extração do óleo de amendoim (TAVARES e SANTOS, 2016) e óleo de coco (SILVA et al., 2017).

As Figuras 3 e 4 apresentam as temperaturas obtidas no experimento, para a amostra 1 (1,01 mm) e amostra 2 (2,18 mm), respectivamente. São apresentadas as temperaturas registradas para o ar dentro da estufa ( $T_{ar}$ ); parede do leito ( $T_{leito}$ ); temperatura de saída do extrato ( $T_{extrato}$ ); temperaturas externa e interna do vidro estufa, em diferentes intervalos de tempo.

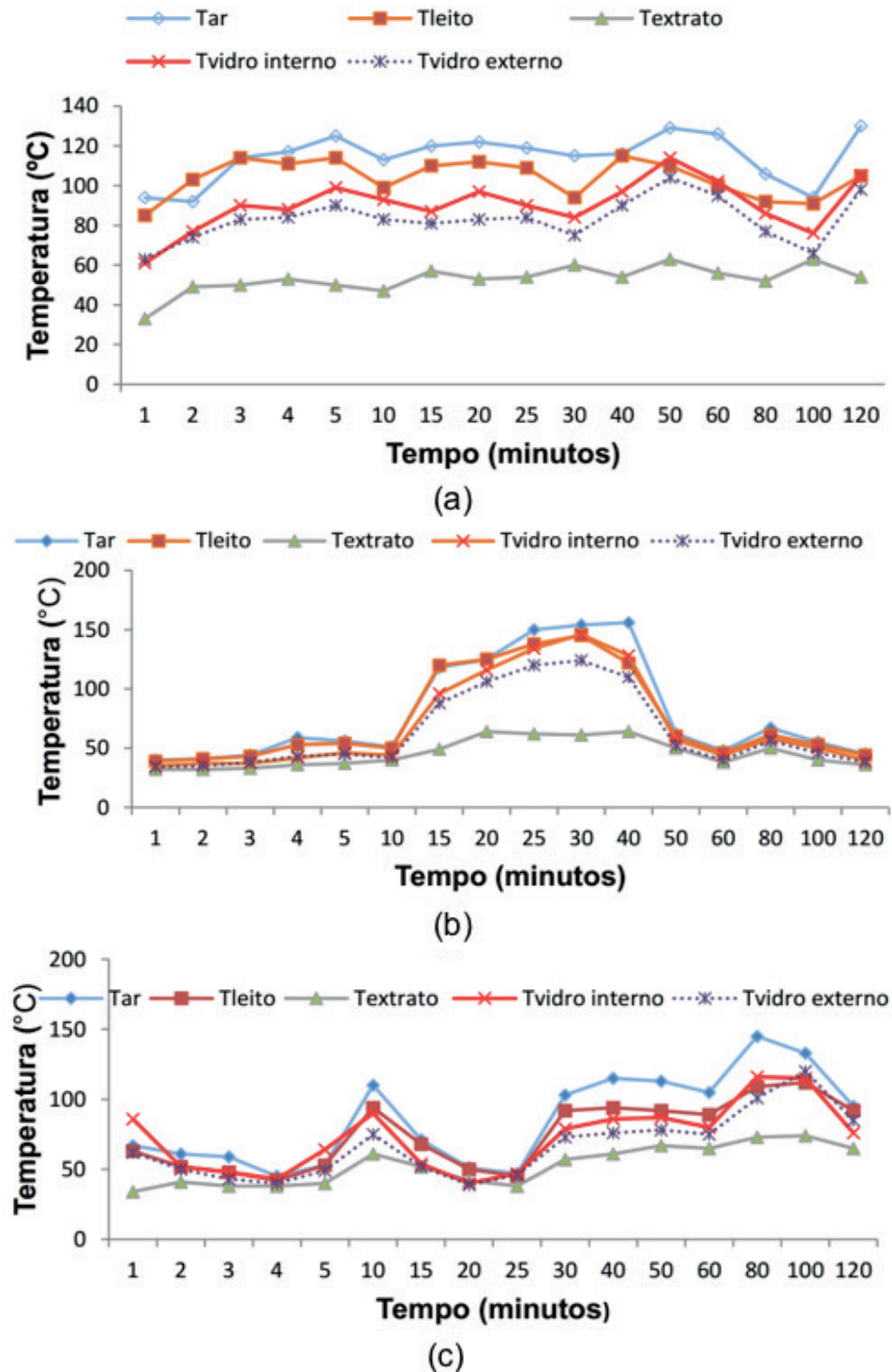
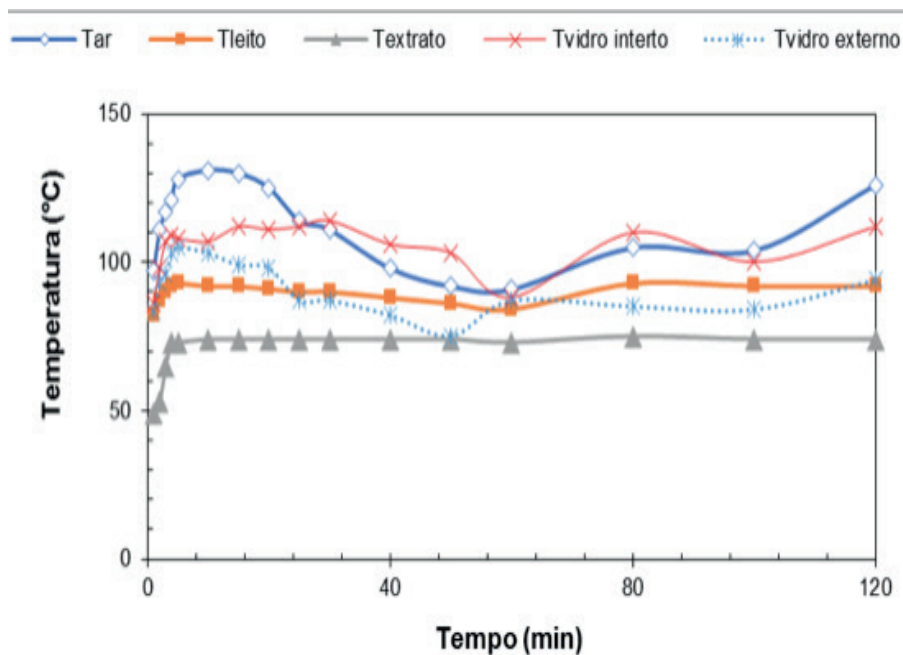


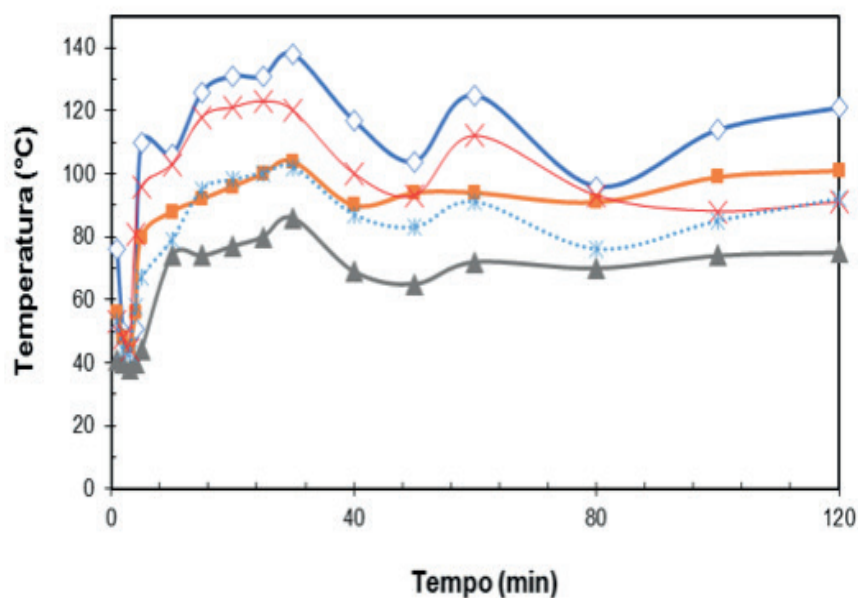
Figura 3: Temperaturas registradas no experimento de granulometria 1,01 mm para as vazões (mL/min): (a) 15; (b) 25; (c) 35.



A partir da Figura 3, observou-se que as maiores temperaturas registradas foram do ar entre o leito e a cobertura de vidro, que atingiram um máximo de 156 °C no experimento de 25 mL/min. Com a substituição da cobertura de plástico pela de vidro, a faixa de temperaturas do ar dentro da estufa aumentou, de cerca de 90 - 145°C (SILVA et al., 2017) para 100 - 156°C. Isto se dá em função do material vidro ser mais transparente e, portanto, mais eficiente na produção do efeito estufa.



(a)



(b)

Figura 4: Relação de temperatura para a granulometria de 2 mm, para as vazões de: (a) 25 ml/min; (b) 35 ml/min.

### 3.3 Cinética de extração

A Figura 5 demonstra a variação da massa de óleo extraído com o tempo; bem como a taxa de extração de óleo. É possível verificar que a maior taxa de extração de óleo ocorreu nos 20 primeiros minutos, obtendo-se um máximo de 1,56 g óleo/min. Cerca de 95% do óleo foi extraído nos primeiros 60 min de operação. Nos outros 60 min, a taxa de extração foi muito baixa, uma vez que o óleo a ser extraído se encontrava no interior das partículas, o que acabou dificultando o processo de transferência de massa.

Assim, pensando em uma maior produtividade na extração, seria recomendado experimentos de 1 h de extração, o que acarretaria em uma diminuição de 5% no rendimento, mas experimento em metade do tempo.

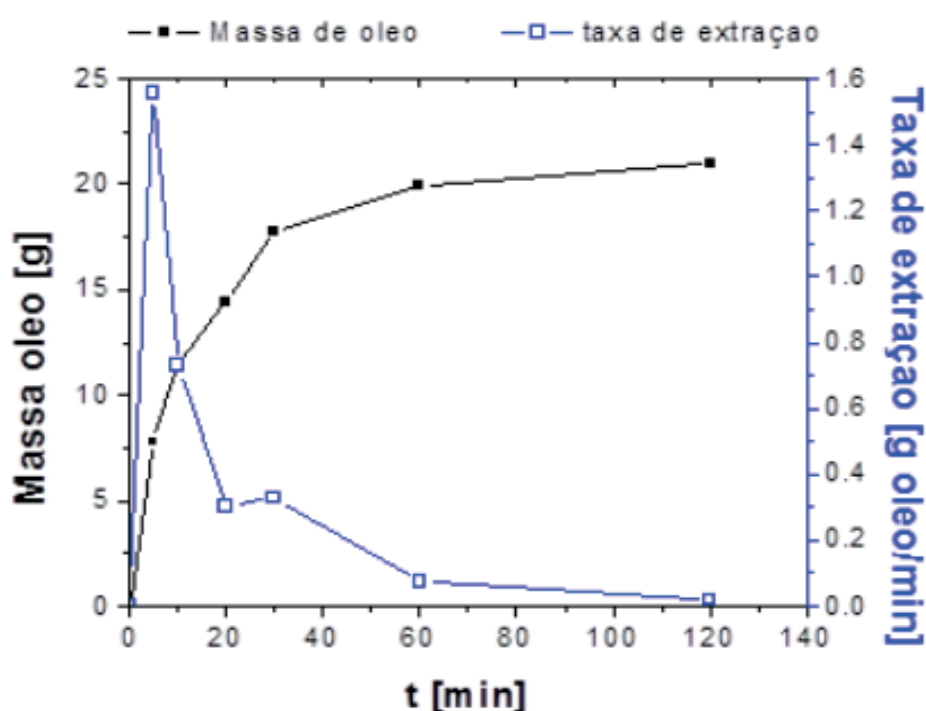


Figura 5: Cinética de extração do óleo de baru.

## 4 | CONCLUSÃO

O uso do concentrador solar para a aquecimento do solvente na extração do óleo do baru se mostrou uma boa alternativa para redução de custos do processo, uma vez atingiu-se um rendimento de 89,25% em relação ao método convencional, quando empregadas as partículas de menor tamanho.

A vazão de alimentação de 25 mL/min apresentou maior eficiência de extração, devido à boa velocidade relativa entre o fluido e a partícula; e o maior tempo de residência dentro do leito.

O estudo da cinética de extração, feito na vazão de 25 mL/min, mostrou que a maior taxa de extração ocorre nos primeiros 20 minutos de operação, e que 95% do

óleo é extraído nos primeiros 60 min. Assim, recomenda-se realizar extrações de 1 h para uma maior produtividade de óleo extraído.

O uso do óleo de baru possui muitos benefícios para a saúde, desde a prevenção de hipertensão à redução do colesterol LDL (ruim), e sua utilização vem crescendo e ganhando espaço no mercado nacional. Entretanto, a espécie se encontra ameaçada devido à destruição do cerrado brasileiro.

Desta forma, o incentivo ao extrativismo pelas comunidades e cooperativas do cerrado, como por exemplo a extração do óleo e uso da torta como suplemento, pode preservar a espécie e ainda incentivar o replantio dos barueiros.

## 5 | NOMENCLATURA

$D_p$	Diâmetro médio de partícula [mm]
$Q$	Vazão de alimentação de solvente [mL/min]
$T_{ar}$	temperaturas do ar entre a cobertura de vidro e o leito [°C]
$T_{extrato}$	Temperatura do extrato na saída do leito [°C]
$T_{leito}$	Temperatura da parede metálica do leito [°C]
$H$	Rendimento de extração em relação ao Soxhlet [%]

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFTM e à PROPPG da UFTM pelo apoio financeiro, à Rede Mineira de Química e ao PPGMQMG, e também ao CNPq e à Fapemig.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A.; Mendonça, A. L.; Caliari, Cardoso-Santiago, R.A. (2010), “**Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) para estudo da vida de prateleira**”, *Pesq. Agropec. Trop.*, Vol 40, n 3, p.266-273.

CARRAZZA, L. R.; D’ÁVILA, J.C.C. (2010) **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Baru**, Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2ªEd., Brasília.

CAVALCANTE, A. K.; SOUZA, L. B.; HAMAWAKI, O.T. (2011), “**Determinação e Avaliação do Teor de Óleo em Sementes de Soja pelos Métodos de Ressonância Magnética Nuclear e Soxhlet**”, *Bioscience Journal*. Vol 27, n. 1, p.8-15.

GUIMARÃES, R. C. A.; FAVARO, S. P.; VIANA, A. C.A.; BRAGA NETO, J.A.; NEVES, V. A.; HONER, M. R. (2012), “**Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog)**”, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol 32, n.3, p.464-470.

INPE (2017), “Atlas brasileiro de energia solar”, 2.ed., São José dos Campos –SP.

Silva; L. R. C.; Ribeiro, M. B. M; Oliveira, A. M., Santos, K. G. (2017), “**Estudo da extração de óleo vegetal com solvente em leito fixo empregando energia solar**”, *Anais do XXXVIII ENEMP, Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Maringá – PR.*

TAVARES, F. P.; SANTOS, K. G. (2016), "**Extração por solvente de óleo de amendoim empregando energia solar**", Anais do XXI COBEQ, Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Fortaleza - CE.

Urias, p. M., Araújo, K.S., Cunha, P.C.R., SANTOS, K.G. (2014), "**Concentrador solar biangular de doze lados: método alternativo para a extração do óleo a partir da semente de pinhão manso**", Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte - MG.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aedes aegypti 181, 182, 189, 190, 191  
Algoritmo 37, 49, 64, 65, 69, 76, 77, 78, 90, 92, 192, 197, 199, 201, 210  
Análise do coeficiente de sensibilidade 66, 67, 78, 83, 91, 93  
Atividade alelopática 164, 165, 166, 171  
Atividade fitotóxica 173, 174

### B

Balanço Populacional 59, 60, 61, 62, 63, 70, 73, 74, 75, 83, 84

### C

Carvão mineral 26, 28, 32, 33, 220  
Coeficiente de aglomeração 62, 63, 65, 66  
Comportamento reológico 34, 36, 38, 40, 41, 42, 43  
Concentrador solar 1, 3, 4, 5, 9, 11  
Concentrador solar biangular 1, 3, 4, 11  
Conselho Regional de Química 152, 153  
Curva de ruptura 85, 86, 87, 89, 96, 97, 192, 194, 201, 202  
Custos de produção 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150

### E

Energia solar 1, 3, 5, 6, 10, 11  
Energias renováveis 1, 2  
Ensino 32, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 162, 164, 173  
Extração sólido-líquido 1, 2, 3, 4

### F

Fibras de coco 100, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115  
Fiscalização do CRQ 152, 153

### G

Gaseificação do carvão 26, 32

### H

Hidrólise de matérias graxas 44, 45, 46, 56

### I

Imobilização de lipase 12, 21, 23

### J

Jogos didáticos 130, 131, 133, 134, 138



## L

Larvicidal activity 181, 183, 186, 187, 190

Lixiviação 1, 2, 3, 5, 6

Lixiviação assistida por energia solar 5, 6

## M

Maceração 40, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 168

Modelo de balanço populacional 62, 63, 73, 83

Monte Carlo via Cadeia de Markov 59, 60, 64, 67, 70, 73, 74, 76, 79, 83, 85, 89, 97

## O

Óleo de Baru 1, 6, 9, 10

Oxidação do tolueno 116, 121

## P

Perda ao fogo 26, 27, 29, 30, 31, 32

Polpa de cupuaçu 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42

Processo de adsorção 85, 86, 87, 89, 97, 192, 194

## Q

Quiz educativo 159, 160, 161, 162

## R

Reação de dupla troca 123, 125

Reamostragem por importância 192

Resíduo agroindustrial 12, 14

Resíduo agroindustrial do café 12

## S

Simulador de processos 116, 117

Sistemas particulados 10, 59, 60, 65, 70, 151

Superpro Designer 140, 141, 143, 144, 148, 150

Sustentabilidade 1, 114

## T

Tabela Periódica 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 163

Taxa de crescimento por coagulação 66

## U

Unidade experimental de extração sólido-líquido 4

## V

Variáveis de estado 44, 45, 47, 51, 54, 55, 56, 57, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 192, 194, 196, 202, 203, 206, 210, 218, 224, 225, 227

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**