

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

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

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 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  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª 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  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 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. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª 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  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª 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  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª 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 1  
[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 978-65-86002-53-9  
 DOI 10.22533/at.ed.539202003

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 1” 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 de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transiram nos vários caminhos da engenharia química de forma mais aplicada tanto para pesquisa como indústria.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a estudo cinético, termodinâmico, físico-químico, caracterização de materiais por meio de várias técnicas (Microscopia eletrônica de varredura, análise de difração de raio-X dentre outras) e abordagens (tamanho de partícula, tratamento estatístico) desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, 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 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 1” 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>
RESINA BENZOXAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROSPAIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	
Bruno Marques Viegas	
Keize Lorena Martins dos Passos	
Edilson Marques Magalhães	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
José Antônio da Silva Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE LICORES DE CUPUAÇU ( <i>THEOBROMA GRANDIFLORUM</i> SCHUM) COMERCIALIZADOS EM BELÉM DO PARÁ	
João Pedro dos Reis Lima	
Allyson Allennon Pinheiro do Rosário	
José Marcos Nobre de Moura Junior	
Ewerton Carvalho de Souza	
Ivan Carlos da Costa Barbosa	
Ewerton Reginaldo dos Santos Neves	
Ronaldo Magno Rocha	
Charles Alberto Brito Negrão	
Regina Celi Sarkis Müller	
Antonio dos Santos Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE	
Marcio Augusto Ribeiro Sanches	
Rodrigo Rodrigues Evangelista	
Daniele Penteadó Rosa	
Tiago Carregari Polachini	
Javier Telis Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Paulo Sérgio Santos Júnior  
Gustavo Oliveira Everton  
Amanda Mara Teles  
Bárbara De Souza Silva  
Harvey Alexander Villa-Veléz  
Adenilde Nascimento Mouchrek  
Victor Elias Mouchrek Filho

**DOI 10.22533/at.ed.5392020036**

**CAPÍTULO 7 ..... 66**

OSCILAÇÕES AMORTECIDAS EM SISTEMAS DE PARTÍCULAS COM MEMÓRIA ACOPLADA

Jair Rodrigues Neyra  
Rafael Santos da Costa  
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves  
Marcos Vinicius de Souza Araújo  
Paulo Gerson da Cruz Ferreira  
Vinícius Frantinne Brito Alves  
Waldemar Monteiro de Moura  
Eliton Lima Rocha  
Maria Liduína das Chagas  
Thiago Rafael da Silva Moura

**DOI 10.22533/at.ed.5392020037**

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Rafael Santos da Costa  
Jair Rodrigues Neyra  
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves  
Marcos Vinícios de Souza Araújo  
Paulo Gerson da Cruz Ferreira  
Vinícius Frantinne Brito Alves  
Waldemar Monteiro de Moura  
Andrew Nunes de Barros Reis  
Maria das Graças Dias da Silva  
Marcos Lima Cardoso  
Thiago Rafael da Silva Moura

**DOI 10.22533/at.ed.5392020038**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ÓTIMO DE DECANTADOR HORIZONTAL CENTRÍFUGO PARA SEPARAÇÃO DE SISTEMAS CONTENDO FASE OLEOSA DISPERSA

Alex Vazzoler

**DOI 10.22533/at.ed.5392020039**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAS

Fabriele de Sousa Ferraz  
Laiane Martins Duarte  
Isadora Souza Santos Dias  
Lina María Grajales

**DOI 10.22533/at.ed.53920200310**



**CAPÍTULO 11 ..... 107**

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE ESFERAS POROSAS DE QUITOSANA NA ADSORÇÃO DE NÍQUEL EM SOLUÇÃO AQUOSA

Flávia Cristina Cardoso Dória  
Elaine Cristina Nogueira Lopes de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.53920200311**

**CAPÍTULO 12 ..... 123**

ADSORÇÃO DO COBRE II A PARTIR DA ATIVAÇÃO TÉRMICA DA CASCA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA)

Larissa Tavares Esquerdo  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Yuri Leon dos Santos Silva  
Elinaldo Silva Caldas  
Alacid do Socorro Siqueira Neves  
Reginaldo Sabóia de Paiva  
Disterfano Lima Martins Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.53920200312**

**CAPÍTULO 13 ..... 131**

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO ABIU (*POUTERIA CAIMITO*)

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho  
Ronaldo Maison Martins Costa  
Julles Mitoura dos Santos Junior  
Nathalia Cristina Ramos Lima  
Audirene Amorim Santana

**DOI 10.22533/at.ed.53920200313**

**CAPÍTULO 14 ..... 143**

CARACTERIZAÇÃO DO OITI *LICANIA TOMENTOSA* (BENTH.) E COMPARAÇÃO DOS PÓS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Ianê Valente Pires  
Tatyane Myllena Souza da Cruz  
Gisélia de Sousa Nascimento  
Natasha Cunha  
Antonio Manoel da Cruz Rodrigues  
Heloisa Helena Berredo Reis de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.53920200314**

**CAPÍTULO 15 ..... 153**

EFEITO DO TEOR E DO TIPO DE DOPANTE (MG OU MN) NAS PROPRIEDADES DOS CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO DESTINADOS A WGRS

Larissa Soares Lima  
Mariana Santos Rodrigues  
Rodrigo Ribeiro de Souza  
Maurício de Almeida Pereira  
Maria Luiza Andrade da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.53920200315**

**CAPÍTULO 16 ..... 164**

RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Gabriel da Cruz Oliveira  
Lucas Rezende Almeida

Willian Rayol da Silva  
Bruno Henrique Alves Mendes  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Deibson Silva da Costa  
Reginaldo Sabóia de Paiva

**DOI 10.22533/at.ed.53920200316**

**CAPÍTULO 17 ..... 172**

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA (BLBM)

Rodrigo Rodrigues Evangelista  
Tiago Carregari Polachini  
Juan A. Cárcel  
Javier Telis-Romero  
Antonio Mulet

**DOI 10.22533/at.ed.53920200317**

**CAPÍTULO 18 ..... 184**

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CASCA DE MANDIOCA (BLCM)

Marcio Augusto Ribeiro Sanches  
Tiago Carregari Polachini  
Juan A. Cárcel  
Antonio Mulet  
Javier Telis-Romero

**DOI 10.22533/at.ed.53920200318**

**CAPÍTULO 19 ..... 196**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA E DE CASCA DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA

Tiago Carregari Polachini  
Maria Júlia Neves Martins  
Antonio Mulet  
Javier Telis-Romero  
Juan A. Cárcel

**DOI 10.22533/at.ed.53920200319**

**CAPÍTULO 20 ..... 209**

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos  
Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Bruno Henrique Alves Mendes  
Deibson Silva da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.53920200320**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 217**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 218**

## INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

### **Marcio Augusto Ribeiro Sanches**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)  
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6940419114030772>

### **Rodrigo Rodrigues Evangelista**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)  
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4542903012584676>

### **Daniele Penteado Rosa**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)  
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8899247565154195>

### **Tiago Carregari Polachini**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)  
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8131881326108138>

### **Javier Telis Romero**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)  
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4985772200782832>

**RESUMO:** O leite é um dos principais alimentos consumidos no mundo devido ao seu alto valor nutricional. O conhecimento da temperatura do ponto de ebulição de misturas de leite e sacarose para uma ampla gama de concentrações é de primordial importância para as indústrias de leites e derivados, pois elas fazem amplo uso da evaporação em processo de concentração dos produtos. Neste trabalho objetivou-se determinar e modelar a elevação da temperatura do ponto de ebulição de soluções de leite/sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais. A elevação do ponto de ebulição foi determinada experimentalmente usando evaporador rotativo modificado (Marconi, Brasil). Os resultados experimentais foram simulados usando duas equações (regra de Dühring e equação de Antoine). As duas equações indicam uma boa correlação com os dados experimentais, mostrando que ambos podem ser utilizados pela indústria para se determinar o EPE de soluções leite/sacarose em diferentes concentrações de

sólidos totais, podendo proporcionar informações úteis para a modelagem, desenho e controle das operações unitárias envolvidas na indústria de produtos lácteos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Leite; Sacarose; EPE.

## INFLUENCE OF TOTAL SOLIDS CONCENTRATION ON THE BOILING POINT ELEVATION OF MILK / SACAROSE SOLUTIONS

**ABSTRACT:** Milk is one of the main foods consumed in the world due to its high nutritional value. Knowing the boiling point temperature of milk and sucrose mixtures over a wide range of concentrations is of prime importance for the dairy and dairy industries, as they make extensive use of evaporation in the product concentration process. This work aimed to determine and model the boiling point temperature increase of milk / sucrose solutions in different concentrations of total solids. Boiling point elevation was experimentally determined using modified rotary evaporator (Marconi, Brazil). The experimental results were simulated using two equations (Dühring rule and Antoine equation). Both equations indicate a good correlation with the experimental data, showing that both can be used by industry to determine the EPE of milk / sucrose solutions in different total solids concentrations and can provide useful information for modeling, design and control of operations involved in the dairy industry.

**KEYWORDS:** Milk; Sucrose; EPE.

### 1 | INTRODUÇÃO

O leite é um dos principais alimentos consumidos no mundo devido ao seu alto valor nutricional. Os produtos derivados do leite passam por processos de aquecimento, seja por objetivos tecnológicos ou visando alcançar níveis de segurança indispensáveis para o consumo humano e que resulta na extensão de sua vida útil através da remoção de água (MARKOSKA; HUPPERTZ; GREWAL; VASILJEVIC, 2019).

O sabor é um dos fatores mais importantes para a aceitação do produto por parte do consumidor. Devido a reclamações dos consumidores, os sabores desagradáveis são uma grande preocupação para a indústria de alimentos (KARAGÜL-YÜCEER; CADWALLADER; DRAKE, 2002). Vários estudos já relataram o desenvolvimento e modificação de características sensoriais em produtos lácteos que foram diretamente associadas as variáveis como temperatura e pressão empregadas durante as operações unitárias no processamento dos alimentos. Uma das modificações mais conhecidas em doce de leite é o “sabor cozido” causado por uma variedade de aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos graxos livres, principalmente compostos de oxidação lipídica (KARAGÜL-YÜCEER; CADWALLADER; DRAKE, 2002; PARK; DRAKE, 2016).

O conhecimento da temperatura do ponto de ebulição de misturas de leite e sacarose para uma ampla gama de concentrações é de primordial importância para as indústrias de leites e derivados, pois elas fazem amplo uso da evaporação em

processo de concentração dos produtos, bem como para projeto de equipamentos e controle de processos. Com isso o objetivo do trabalho foi determinar e modelar a elevação da temperatura do ponto de ebulição de soluções de leite/sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Material**

As soluções de leite e sacarose foram preparadas com a mistura de leite semidesnatado pasteurizado e homogeneizado com sacarose comercial (açúcar cristal). Para tal operação foram adquiridos 24 litros de leite e 20 kg de açúcar cristal, ambos materiais foram adquiridos com mesma numeração de lote, obtido em comercio local de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil.

### **2.2 Caracterização química das amostras**

As amostras de solução de leite e sacarose foram caracterizadas de acordo sua composição química, determinando os componentes: umidade, conteúdo de lipídeos, conteúdo de proteínas, conteúdo de cinzas e carboidratos. A umidade das amostras foi determinada pelo método gravimétrico estático através de secagem em estufa (IAL, 2008, p. 1020 – método 012/IV); o conteúdo de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2005 – método 991.20); o teor de lipídeo foi quantificado pela leitura direta do percentual de gordura através do butirômetro de Gerber (AOAC, 2005 – método 2000.18); o conteúdo de cinzas foi determinado por incineração em mufla (AOAC, 2005 – método 935.42), por fim o total de carboidratos foi determinado por diferença. As análises foram realizadas com oito repetições cada.

### **2.3 Procedimento experimental**

Foram preparadas 11 amostras das soluções de leite e sacarose com diferentes teores de sólidos totais, variando de 18,7 até 59,9%. A faixa de concentração empregado para o estudo foi escolhida com base no processo de produção de leite condensado utilizado pelas indústrias. A obtenção das amostras nas diferentes concentrações dos sólidos totais foi realizada por meio de um evaporador rotativo de baixa pressão (Marconi MA 120/TH). As misturas de leite e sacarose foram submetidas a diferentes etapas de evaporação, obtendo-se diferentes composições químicas para cada amostra, sendo estas determinadas a partir de balanços de massa, conforme reportado na Tabela 2.

### **2.4 Determinação da elevação do ponto de ebulição (EPE)**

Foi empregado um equipamento para as medições experimentais das pressões

de vapor das soluções de leite e sacarose, semelhante ao empregado por Moresi e Spinosi (1980), conforme reportado na Figura 1. As pressões empregadas no estudo variaram de 7,0 a 70,3 kPa. Para manter o equilíbrio vapor-líquido foi utilizado um evaporador rotativo de baixa pressão (Marconi MA 120/TH) com refluxo total da fase de vapor. Para cada amostra foram empregadas alíquotas de 500 mL da mistura de leite e sacarose no evaporador rotativo, sendo empregado óleo de silicone aquecido em um banho termostático. A pressão de operação do sistema foi controlada e ajustada por meio de uma bomba de vácuo (Marconi, Brasil), monitorado com um manômetro em “U”, de mercúrio, com precisão de 0,1 mmHg. Foi utilizado um Erlenmeyer entre a bomba e o equipamento para evitar variações de pressão. No condensador acoplado ao equipamento, circulava água proveniente de um banho termostático para resfriar o fluido até  $283,15 \pm 0,1\text{K}$ , de modo a elevar a força motriz de condensação da fase vapor. A diferença de temperatura entre o banho de óleo de silicone e a mistura leite e sacarose em ebulição foi mantida a aproximadamente  $283,15\text{K}$  para manutenção da força motriz afim que aconteça a evaporação. O processo evaporativo foi mantido até o equilíbrio ser atingido, ou seja, temperatura e pressão constante. As medidas de temperatura foram realizadas por um sensor de precisão PT-100, enquanto a concentração da fase líquida (sólidos totais a  $293,15\text{K}$ ) foi medida utilizando um densímetro digital eletrônico (DMA 4500 BRASEQ, Áustria), para verificar a concentração da solução leite e sacarose durante o experimento.

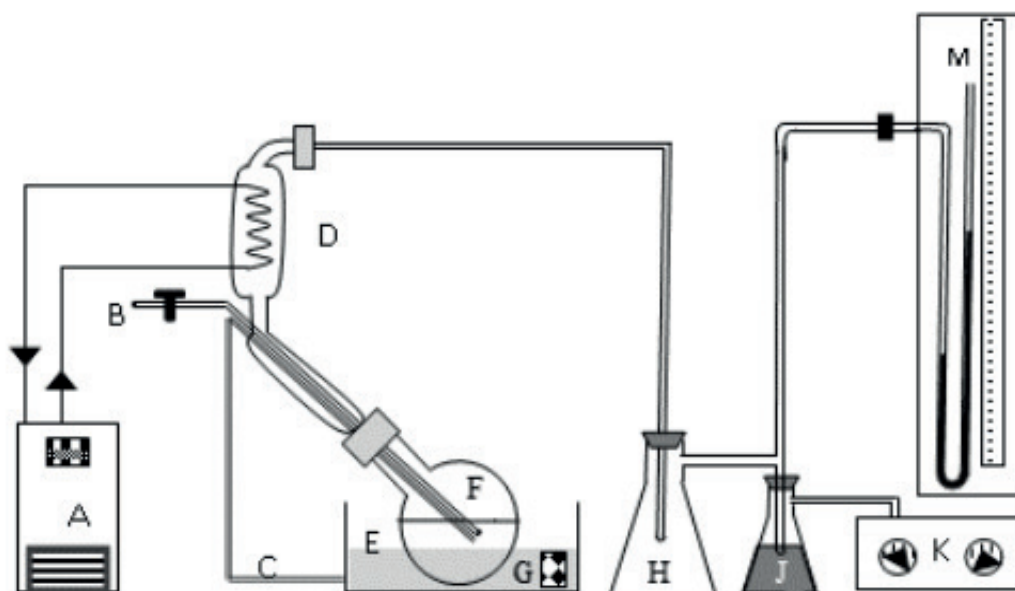


Figura 1 – Sistema utilizado para determinar a elevação do ponto de ebulição: (A) banho termostático de água, (B) coletor de amostra, (C) sensor PT-100, (D) condensador, (E) banho de óleo de silicone, (F) evaporador rotativo, (G) controlador de temperatura, (H) Erlenmeyer para evitar variações de pressão, (J) Erlenmeyer de segurança, (K) bomba de vácuo, (M) manômetro de mercúrio tipo “U”.

## 2.5 Modelagem e análise estatística dos dados

Uma maneira de representar os dados da elevação do ponto de ebulição de produtos alimentícios líquidos, consiste em relacionar os valores da temperatura de

ebulição da água na mesma pressão. Pela regra de Düring, tem-se que a temperatura que um líquido exerce a uma dada pressão de vapor é uma função linear da temperatura na qual um líquido de referência (água) exerce sobre a mesma pressão (HELDMAN; SINGH, 1981), logo em uma concentração constante, esta relação linear pode ser descrita pela Equação 1:

$$T_{Fluido} = m_0 + m_1 T_{Água} \quad (1)$$

em que  $T_{Fluido}$  e  $T_{Água}$ , representa a temperatura de ebulição do fluido de estudo e água, respectivamente, à pressão constante. Os valores  $m_0$  e  $m_1$  são parâmetros empíricos da relação.

A elevação do ponto de ebulição, por sua vez, pode ser determinada pela Equação 2:

$$\Delta T_B = T_{Fluido} - T_{Água} \quad (2)$$

Outra maneira de representar a elevação do ponto de ebulição de soluções baseia-se no uso de equações que descrevam a dependência da pressão de vapor com a temperatura, em substâncias puras, como é o caso da equação de Antoine (AOAC, 2000). Uma equação empírica tipo Antoine (Equação 3), pode ser escrita como:

$$\ln P_{vapor} = A - \frac{B}{(T_{Fluido} - C)} \quad (3)$$

em que A, B e C são constantes empíricas do modelo,  $P_{vapor}$  representa a pressão de vapor (Pa) e  $T_{Fluido}$  a temperatura de ebulição do fluido em escala absoluta (K).

A modelagem dos dados foi realizada através de regressões lineares e não lineares utilizando o software OriginPro 8.0 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), o qual a acuracidade dos modelos foi verificada de acordo com o coeficiente de determinação ajustado e raiz quadrada do erro médio (RQME), conforme a Equação 4:

$$RQME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{Experimental} - V_{Predito})^2} \quad (4)$$

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química do leite semidesnatado pasteurizado homogeneizado

está apresentada na Tabela 1 com as respectivas repetições.

<b>Componentes</b>	<b>Média ± Desvio Padrão</b>
Água	89,575 ± 0,436
Proteína	3,849 ± 0,065
Carboidrato	3,946 ± 0,505
Lipídeos	1,686 ± 0,013
Cinzas	0,944 ± 0,003

Tabela 1 – Composição química de leite semidesnatado pasteurizado e homogeneizado.

A Tabela 2 mostra a composição química das misturas de leite e sacarose obtidas após o processo de evaporação.

<b>Amostra</b>	<b>Água</b>	<b>Proteína</b>	<b>Carboidratos</b>	<b>Gordura</b>	<b>Cinzas</b>
1	81,297	3,448	12,225	2,166	0,865
2	80,298	3,632	12,878	2,282	0,911
3	77,976	4,060	14,395	2,551	1,018
4	75,059	4,597	16,302	2,889	1,153
5	71,211	5,307	18,817	3,335	1,331
6	66,991	6,085	21,575	3,824	1,526
7	65,946	6,277	22,258	3,944	1,574
8	62,561	6,901	24,471	4,337	1,731
9	58,355	7,676	27,220	4,824	1,925
10	46,566	9,849	34,925	6,189	2,470
11	40,067	11,047	39,173	6,942	2,771

Tabela 2 – Composição química das misturas de leite/sacarose obtidas após o processo de evaporação.

O leite é uma suspensão diluída composto majoritariamente por água, onde se encontram os outros componentes como proteínas, gorduras, carboidratos e sais, que são denominados como sólidos totais (VENTURINI; SARCINELLI; SILVA, 2007).

A temperatura de ebulição das soluções de leite e sacarose pode ser afetada por mudanças de pressão, temperatura e concentração de sólidos totais. O efeito do teor de sólidos totais e da pressão foram primeiramente avaliados pela regra de Dühring (Equação 1) e os resultados dos parâmetros desta equação estão expressos na Tabela 3.

Observa-se que os valores de  $m_0$  apresentaram uma tendência de diminuição com o aumento da concentração de sólidos totais, enquanto os valores de  $m_1$  apresentaram uma leve tendência de aumento com o aumento da concentração, mostrando que o teor de sólidos totais e pressão devem ser levados em consideração e que são variáveis que alteram a temperatura do ponto de ebulição de soluções de leite e sacarose. Essa mesma tendência dos parâmetros  $m_0$  e  $m_1$  também foi relatada por Polachini et al. (2017) para extrato de carne.



Sólidos Totais	$m_0$	$m_1$	$R_{Adj}^2$	RQME
18,703	-0,8066	1,0049	0,99999	0,0125
19,702	-0,8051	1,0050	0,99999	0,0124
22,024	-1,0706	1,0062	0,99999	0,0157
24,941	-1,2793	1,0073	0,99999	0,0168
28,789	-1,5268	1,0089	0,99999	0,0224
33,009	-2,0541	1,0117	0,99999	0,0275
34,054	-2,2580	1,0126	0,99999	0,0255
37,439	-2,4910	1,0145	0,99999	0,0355
41,645	-2,8537	1,0166	0,99999	0,0359
53,434	-4,7612	1,0269	0,99998	0,0724
59,933	-5,3311	1,0328	0,99999	0,0638

Tabela 3 – Parâmetros da Equação (1) para soluções de leite e sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais.

Uma alternativa para representar a elevação do ponto de ebulição das soluções de leite e sacarose é usar uma equação tipo Antoine. A Tabela 4 mostra os valores dos parâmetros da equação tipo Antoine para as soluções de leite e sacarose.

Os coeficientes de determinação ( $R_{Adj}^2 \geq 0,99954$ ) e os baixos valores de erro ( $RQME \leq 0,0146$ ) indicaram uma boa concordância entre o modelo proposto e os dados experimentais obtidos em todos os níveis de concentração da solução de leite e sacarose. Entretanto, não foi possível notar um comportamento linear dessas constantes em função do teor dos sólidos totais. Gabas et al. (2008) e Telis-Romero et al. (2002), também não encontraram uma dependência explícita dessas constantes em função do teor de sólidos solúveis em suco de amora e extrato de café.

Sólidos Totais	A	B	C	$R_{Adj}^2$	RQME
18,7030	23,412	3966,89	-40,390	0,99999	0,0006
19,7020	23,937	4282,91	-28,984	0,99954	0,0146
22,0240	23,391	3959,43	-40,669	0,99999	0,0007
24,9410	23,325	3924,42	-41,989	0,99999	0,0006
28,7890	23,42	3988,03	-39,645	0,99999	0,0009
33,0090	23,368	3967,09	-40,443	0,99999	0,0013
34,0540	23,344	3956,68	-40,799	0,99999	0,0011
37,4390	23,386	3989,69	-39,680	0,99999	0,0016
41,6450	23,24	3908,95	-42,803	0,99999	0,0014
53,4340	23,559	4145,19	-33,904	0,99998	0,0028
59,9330	23,415	4079,66	-36,913	0,99998	0,0027

Tabela 4 – Parâmetros da equação tipo Antoine para solução de leite/sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais.

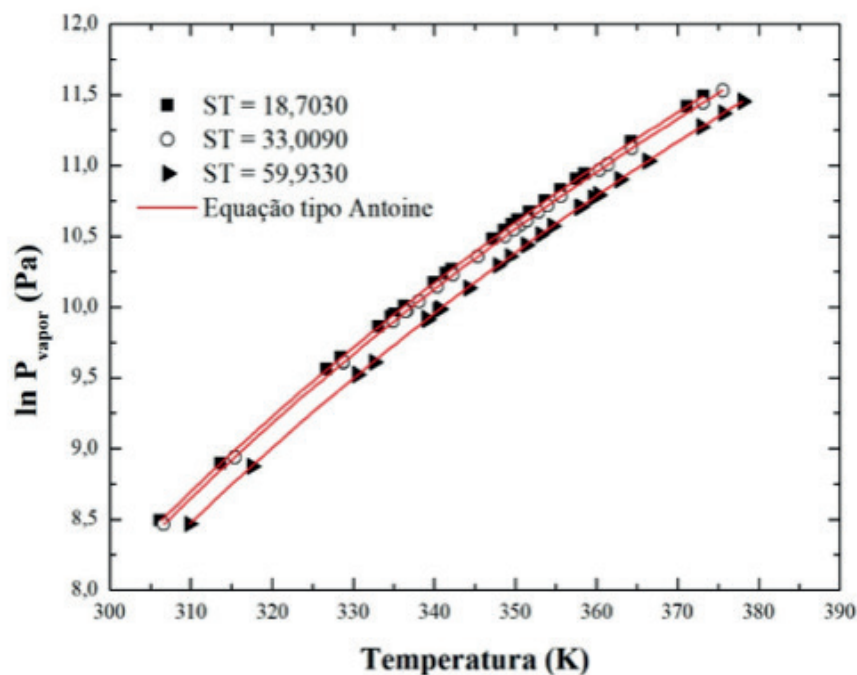


Figura 2 – Pressão de vapor em função da temperatura de ebulição para soluções de leite e sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais.

A Figura 2 mostra o comportamento da temperatura do ponto de ebulição de soluções de leite e sacarose em função da pressão e temperatura.

Como já esperado, a temperatura do ponto de ebulição das soluções de leite e sacarose aumentou com o aumento da pressão e da temperatura, semelhante ao encontrado por Polachini et al. (2017) para o extrato de carne.

#### 4 | CONCLUSÕES

A influência do teor de sólidos totais de soluções de leite e sacarose na elevação da temperatura do ponto de ebulição foi investigada por duas relações (regra de Dühring e equação de Antoine). A regra de Dühring mostrou que o aumento do ponto de ebulição foi dependente da pressão e teor de sólidos totais. Entretanto, para a equação de Antoine, não foi possível estabelecer uma dependência explícita de suas constantes em função do teor de sólidos totais em soluções de leite/sacarose. As duas equações indicam uma boa correlação com os dados experimentais, mostrando que ambos podem ser utilizados pela indústria para se determinar o EPE de soluções leite/sacarose em diferentes concentrações de sólidos totais, podendo proporcionar informações úteis para a modelagem, desenho e controle das operações unitárias envolvidas na indústria de produtos lácteos.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo nº. 2017/ 06518-2) pelo auxílio financeiro prestado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

## REFERÊNCIAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**, (17th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC. Washington, D.C, 2000.

Gabas, A. L., Sobral, P. J. D. A., Cardona-Alzate, C. A., Telis, V. R. N., & Telis-Romero, J. **Influence of fluid concentration on the elevation of boiling point of blackberry juice**. International Journal of Food Properties, v. 11, n. 4, p. 865-875, 2008.

Gabas, A. L., Sobral, P. J. D. A., Cardona-Alzate, C. A., Telis, V. R. N., & Telis Romero, J. **Influence of fluid concentration on the elevation of boiling point of blackberry juice**. International Journal of Food Properties, v. 11, n. 4, p. 865-875, 2008.

HELDMAN, D. R.; SINGH, R. P. **Food Process Engineering**. 2ed. New York: Van Nostrand Reinhold.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz. (4 ed.), 2008. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

KARAGÜL-YÜCEER, Y.; CADWALLADER, K. R.; DRAKE. **Volatile Flavor Components of Stored Nonfat Dry Milk**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 50, n. 2, p. 305–312, 2002.

Markoska, T., Huppertz, T., Grewal, M. K., Vasiljevic, T., 2019. **FTIR analysis of physiochemical changes in raw skim milk upon concentration**. LWT, 102, 64-70.

MORESI, M.; SPINOSI, M. **Engineering factors in the production of concentrated fruit juices 1**. Fluid physical properties of orange juices. Journal of Food Technology, v. 15, n. 3, p. 265–276, 1980.

PARK, C. W.; DRAKE, M. A. **Condensed milk storage and evaporation affect the flavor of nonfat dry milk**. Journal of Dairy Science, v. 99, n. 12, p. 9586–9597, 2016.

Polachini, T. C., Betiol, L. F. L., Bastos, M. G., Telis, V. R. N., & Telis-Romero, J. **Boiling point and specific heat of meat extract**. International journal of food properties, v. 20, n. sup2, p. 1392-1402, 2017.

Telis-Romero, J., Cabral, R. A. F., Kronka, G. Z., & Telis, V. R. N. **Elevation on boiling point of coffee extract**. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 19, n. 1, p. 119-126, 2002.

Venturini, K. S., Sarcinelli, M. F., Silva, L. D., 2007. **Características do leite**. Boletim Técnico, Universidade Federal do Espírito Santo, Pró-Reitoria de Extensão, Programa Institucional de Extensão, PIE-UFES, 1007(6).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidez 36, 39, 40, 41, 128  
Adsorção de níquel 107, 117  
Análises de difração de raios X 17, 22  
Ativação térmica da casca 123

### B

Biomassa 10, 33, 34, 100, 129, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 205, 206

### C

Calor isostérico de sorção 131, 132, 139, 140, 141  
Calor latente de vaporização 132, 136  
Caracterização físico-química 38, 43, 141  
Casca de Buriti 123, 124, 129  
Catalisadores baseados em óxido de ferro 153, 156, 159, 160, 161  
Cinética de secagem 54, 56, 60, 61, 64, 65, 150  
Composição química 14, 16, 29, 33, 47, 49, 50, 196, 200, 205, 206  
Compósitos 2, 3, 8, 10, 11, 23, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216  
Compósitos poliméricos 164, 170, 210

### D

Decantador horizontal 90, 91, 95  
Densidade 6, 10, 36, 37, 39, 40, 59, 62, 82, 90, 95, 97, 145, 172, 175, 196, 198  
Determinação dos carboidratos 202

### E

Energia livre de Gibbs 27, 31, 33, 132, 135  
Entropia diferencial 133, 139, 140  
Equação de Gibbs- Helmholtz 135  
Esferas porosas 107, 110, 111, 119  
Espectrofotômetro 112, 127, 156, 202  
Estudo físico-químico 36

### F

Forças de atração intermolecular 136

### G

Granulometria 164, 179, 190, 200, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

## I

Indústria aeroespacial 1, 2, 3, 5, 6, 9

Isotermas de sorção 131, 133, 134, 137, 138, 139

## L

Lama vermelha 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Licores 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Licores de cupuaçu 36, 37, 38, 43

Lignocelulósica 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 206

Liofilizador 143, 144, 146

Lipase extracelular 99

## M

Microscopia eletrônica de varredura 13, 15, 17, 22

## N

Nanopartículas de ferro 81

## O

Óleo essencial 54, 55, 56, 59, 62

## P

Partículas com memória acoplada 66

pH 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 102, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 156, 162, 202, 203

Polpa de Oiti 148

Propriedades dos catalisadores 153, 156

Propriedades dos compósitos 209, 215

Propriedades termodinâmicas 131, 133, 135, 136, 139

## Q

Quimiometria 37

Quitosana na adsorção de níquel 107

## R

Refractance Window 143, 144, 145, 149, 151

Resíduos de ferro 164

Resina benzoxazina 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11

Resinas fenólicas 1, 2, 3, 5, 9

## T

Tamanho de partículas 175, 198, 200

Teor de lignina insolúvel 201

Tipo de dopante 153, 160

Tratamento térmico 13, 16, 17, 21, 22

Tratamento térmico-hidrometalúrgico 13, 16, 22

## **U**

Utilização de mesocarpo de coco verde 24

## **V**

Viscosidade 36, 37, 39, 40, 41, 95, 97, 205

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**