

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
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

CAPÍTULO 1	1
RESINA BENZOAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
DOI 10.22533/at.ed.5392020031	
CAPÍTULO 2	13
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020032	
CAPÍTULO 3	24
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.5392020033	
CAPÍTULO 4	36
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020034	
CAPÍTULO 5	45
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020035	

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

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

Data de aceite: 11/03/2020

Alex Vazzoler

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Departamento de Sistemas químicos
E-mail para contato: vazzoleralex@hotmail.com

RESUMO: Decantadores água-hidrocarbonetos e água-óleos pesados são equipamentos de suma relevância em diversos processos químicos, com ampla aplicação em purificação e tratamento de água. Este trabalho, tem como objetivo, apresentar um estudo de regressão de dados para construção de correlações empíricas. Além de um novo procedimento de dimensionamento ótimo de decantadores a partir das correlações empíricas obtidas anteriormente e de equações de dimensionamento empregando-se um algoritmo de otimização (programação) não-linear.

1 | INTRODUÇÃO

Separadores água-óleo são utilizados para remover óleo, graxa, hidrocarbonetos e sedimentos de água residual em indústrias químicas. Estes se localizam em áreas industriais ou de manutenção que necessitem

da remoção de tais contaminantes de uma fase aquosa ou mais densa. Estes equipamentos são classificados em duas categorias: o convencional, cujo as diretrizes de dimensionamento são fornecidas pelo *American Petroleum Institute* (API, 1990) e equipamentos especiais.

O princípio de funcionamento baseia-se na diferença de densidade entre a água, o óleo e os demais sedimentos. A suspensão, mistura de água, óleo e outros sedimentos, é alimentada em um decantador com campo centrífugo de alta velocidade com um tempo de residência suficiente para permitir que o óleo seja redirecionado para as laterais do sistema e água e demais componentes mais pesados escoem paralelamente em relação ao eixo axial conforme ilustrado pela Figura 1.

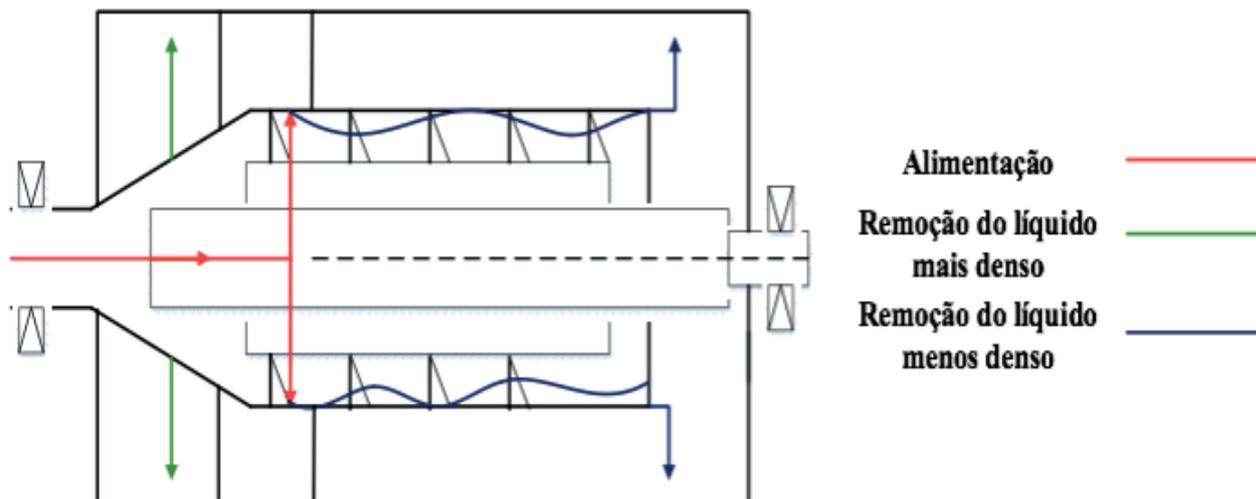


Figura 1 - Representação do funcionamento de um decantador horizontal centrífugo.

Particularmente, são utilizados para remover óleos (e derivados de petróleo) de baixa solubilidade em água com o objetivo de atender-se uma série de legislações vigentes para o devido descarte de água (Gupta et al., 2017).

O dimensionamento dos separadores deve atender uma série de critérios: Prover o tempo suficiente para permitir que os gases imiscíveis e fases aquosa e oleosa separem-se pela ação gravitacional. Permitir a coalescência e quebra das gotículas da emulsão na superfície água-óleo. Permitir que eventuais perturbações sejam absorvidas pelo campo de velocidades e seu efeito inercial (Gupta et al., 2017).

A seguir será descrito o procedimento de dimensionamento dos separadores. Neste caso em particular para separação entre água e uma fase contendo parafinas e olefinas (Khee *et al.*, 1987).

2 | METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO

Uma emulsão é uma dispersão (gotículas dispersas de forma aleatória) de um líquido em outro líquido imiscível. A fase que está presente na forma de gotículas é a fase dispersa ou interna, e a fase em que as gotículas são suspensas é chamada de fase contínua ou externa. Consequentemente, a primeira etapa no dimensionamento é determinar qual das fases está dispersa. O valor do parâmetro θ , estimado pela Equação 1, pode ser utilizado como um guia para determinar qual é a fase dispersa os valores heurísticos apresentados na Tabela 1 (Hansen et al., 1991).

$$\theta_{L/H} = \frac{Q_L \left(\frac{\rho_L / \mu_L}{\rho_H / \mu_H} \right)^{0.3}}{Q_H} \quad (1)$$

Parâmetro de dispersão	Condição das fases
$\theta_{L/H} < 0,3$	Fase sempre leve e dispersa
$0,3 \leq \theta_{L/H} < 0,5$	Fase leve provavelmente dispersa
$0,5 \leq \theta_{L/H} < 2,0$	Provável inversão de fase, projeto para o pior cenário
$2,0 \leq \theta_{L/H} < 3,3$	Fase pesada provavelmente dispersa
$\theta_{L/H} \geq 3,3$	Fase pesada sempre dispersa

Tabela 1 – Valores típicos para o parâmetro de dispersão.

O valor estimado para o caso foi de 431,68, um valor elevado, devido ao fato de a razão entre as vazões das fases leve (óleo, QL de $0,00566 \text{ Ls}^{-1}$) e pesada (água, QH de $2,32 \text{ Ls}^{-1}$) serem 410. Logo, a fase contínua será a fase oleosa (mais leve) e a fase dispersa, a aquosa (mais pesada). Para o dimensionamento do tanque de separação deve ser realizado o seguinte procedimento.

Estimativa da velocidade da fase dispersa (v_d) por meio da Equação de Stokes conforme a Equação 2 (Hansen et al., 1991) em que d_d é o diâmetro da fase dispersa ($3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$):

$$v_d = \frac{d_d^2 g (\rho_d - \rho_c)}{18 \mu_c} \quad (2)$$

O cálculo do tempo de separação entre as fases contínua (oleosa) e dispersa (aquosa) utiliza uma correlação empírica. Há dois casos distintos, no primeiro descrito pela Equação 3, não há chicanas inclinadas (45°) no decantador. No segundo caso, retratado pela Equação 4, um número de chicanas (N) estão simetricamente dispostas ao longo da seção longitudinal do eixo de rotação do decantador, região onde o fluido é exposto à ação do campo de velocidade (Beychok, 1967).

$$t_s(\text{min}) = a_1 Q^{a_2} \frac{\mu_c}{\rho_H - \rho_L} \quad (3)$$

$$t_{sb}(\text{min}) = \frac{a_1 Q^{a_2}}{N^{a_3}} \frac{\mu_c}{\rho_H - \rho_L} \quad (4)$$

Cálculo da área da interface (A_i) entre as fases, definida como a razão entre a vazão da fase contínua (aproximada como a total, Q) e a velocidade da fase dispersa é estimada conforme a Equação 5 (Hansen et al., 1991):

$$A_i = \frac{Q}{u_d} \quad (5)$$

Para obter-se uma estimativa do valor de D_i e iniciar-se o processo iterativo para o dimensionamento, utiliza-se o valor da área de interface entre as fases oleosa

e aquosa (A_i) como referência para um valor inicial para os cálculos iterativos. Outra estimativa inicial necessária é o comprimento do decantador, uma boa estimativa é fornecida pela equação 7.

$$D_1^{(0)} \approx D_i = \sqrt{\frac{A_i}{\pi}} \quad (6)$$

$$L \approx 5D_i \quad (7)$$

O processo iterativo deve gerar um tempo de residência (τ) superior ao tempo de separação (t_s). E partir do tempo de residência e da vazão, calcula-se o volume total do decantador centrífugo, conforme a Equação 8.

$$\tau = \frac{V}{60Q} \quad (8)$$

Os diâmetros primário (D_1), secundário (D_2), terciário (D_3) e do casco (D_4) do decantador (Figura 2) fornecem as dimensões necessárias ao dimensionamento deste equipamento calculadas pelas Equações 9 a 11 (Hansen et al., 1991). Não obstante, considera-se que o comprimento do eixo de rotação do decantador é cerca de 75% de seu comprimento total, e o espaçamento das Chinas nesta região pode ser obtida através da Equação 12 (Records, 2001).

$$D_2 = D_1; \quad D_3 = 1,7D_1; \quad D_4 = 2,6D_1; \quad B = \frac{0,75L}{N+1} \quad (9,10,11,12)$$

O próximo passo para o dimensionamento do sistema envolve os cálculos hidráulicos. A queda de pressão (ΔP) pode ser obtida através de uma correlação empírica baseada na equação de Darcy conforme as equações 11 e 12 (Records, 2001).

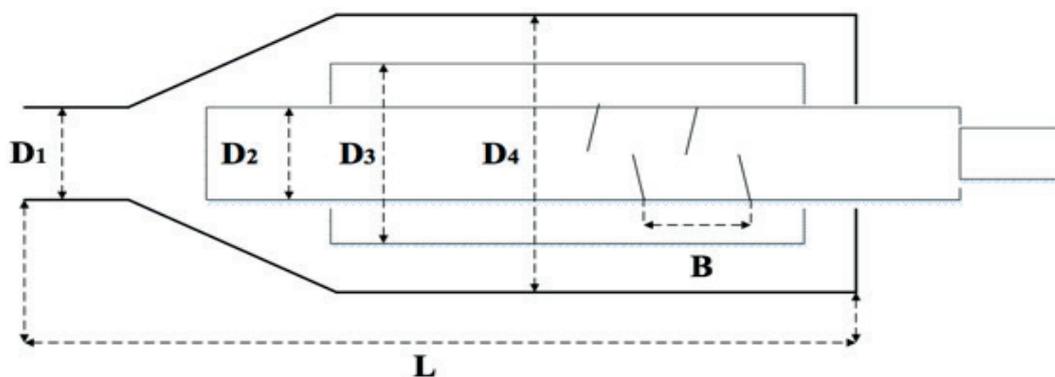


Figura 2 – Representação das dimensões do separador água-óleo horizontal (Beychok 1967).

$$\Delta P(Pa) = a_4 \bar{\rho} \frac{L_{eq}}{D_1} Q_c^{a5} \quad (13)$$

$$L_{eq} = 0,75L \text{ (sem chicanas)} \quad e \quad L_{eq} = (N + 1)B \text{ (com chicanas)} \quad (14)$$

Para o problema de otimização, é necessário estimar os custos envolvidos. O primeiro custo, é o custo operacional relacionado ao gasto com eletricidade no decantador, este valor pode ser obtido por meio da equação 15

$$C_p = \frac{t_{ano} C_{el} Q}{\eta_m \eta_{el}} \Delta P \text{ (\$/ano)} \quad (15)$$

em que C_p é o custo de operação do decantador, t_{ano} é o tempo de operação em um ano de 350 dias ($3,024 \cdot 10^7$ s), C_{el} é o custo do kW de eletricidade (0,12 R\$/kW), Q é a vazão volumétrica (m^3/s), η_m e η_{el} são os rendimentos mecânico e elétrico do decantador (Kajitvichvanukul et al., 2001)

O próximo custo é o custo de aquisição (fixo) do decantador, estimado pela Equação 16.

$$C_D = 2,65 \cdot 10^4 D_1^{1,4} L^{3/2} \text{ (\$)} \quad (16)$$

Para estimar-se o custo total anual do decantador (CTA) é necessário igualar a ordem de grandeza dos custos operacional e fixo. Consequentemente, utiliza-se um fator de anualização de 7% ao ano (i) em um período de 5 anos (n) representado pela equação 17.

$$C_{TA} = C_p + A_F C_D \quad em \ que \quad A_F = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} (ano^{-1}) \quad (17)$$

Por último, é apresentado o algoritmo de otimização, ou programação, não-linear representado pela função objetivo, equação 18, e suas restrições de natureza econômica (Equações 19 a 21) e construtivas (Equações 22 a 24). Todas as equações apresentadas previamente (6 a 24) estão inseridas dentro de uma rotina numérica desenvolvidas no software GAMS(R) cuja a ordenação lógica é representada pela Figura 3. Esta figura ilustra que inicia-se o algoritmo com uma estimativa inicial, e depois os cálculos são repetidos até ser atingido um critério de convergência de 1% de erro entre os valores de diâmetro primário das iterações consecutivas.

$$\text{Min } wC_{TA} \quad (18)$$

$$0,5 \leq v \leq 1,4 \text{ m/s} \quad (19)$$

$$32 \leq t \leq 140 \text{ s} \quad (20)$$

$$0,2 \leq \Delta P \leq 0,5 \text{ bar} \quad (21)$$

$$0,1 \leq D_i \leq 0,4 \text{ m} \quad 1,2 \leq L \leq 2,0 \text{ m} \quad 3 \leq N \leq 7 \quad (22,23, 24)$$

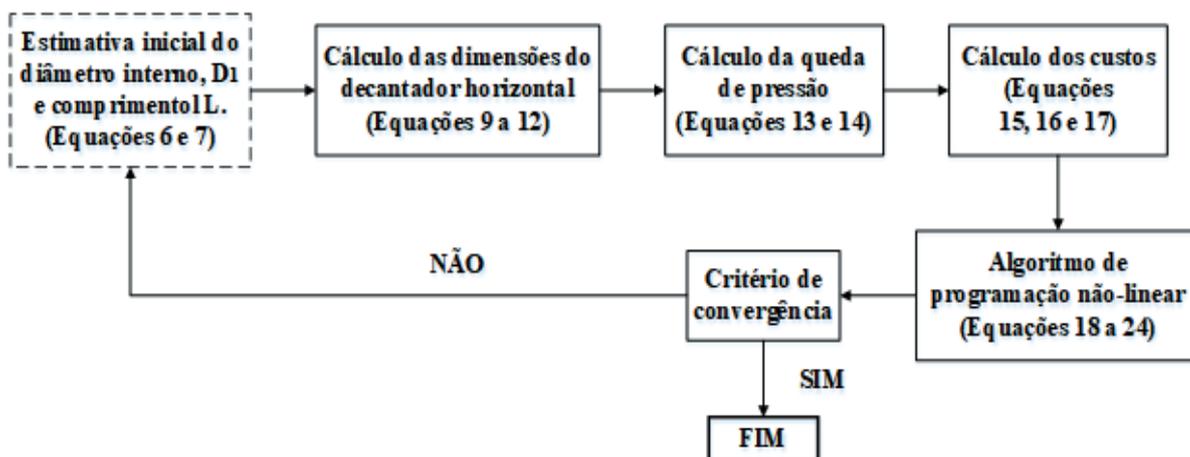


Figura 3. Algoritmo de dimensionamento ótimo do decantador horizontal centrífugo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Levantamento das correlações empíricas

Antes do dimensionamento, é necessário levantar os parâmetros das equações empíricas, para o cálculo dos tempos de separação e das quedas de pressão. Para contemplar este objetivo, foi utilizado um equipamento industrial, um separador centrífugo horizontal, com diâmetro primário (D1) de 32 cm e comprimento de 2,4 m (Figura 4) modelo Tecnoplex 2420.

A viscosidade, densidade e demais propriedades dos fluidos foram estimadas a partir de dados da literatura (Goodger et al., 1975).

Foram executados testes (tréplicas) com três vazões distintas, respectivamente 2, 6 e 10 L.s⁻¹ e três temperaturas 60, 65 e 70 oC. totalizando-se 27 testes realizados de forma aleatória conforme planejamento fatorial. E utilizando-se o software *Minitab* 17 para realizar a regressão foram obtidos os parâmetros apresentados na Tabela 2 (a1, a2 e a4). As demais condições de alimentação foram mantidas constantes, e a razão entre as vazões de água e óleo são as mesmas apresentadas no enunciado (410 para 1). Considerando-se estes parâmetros constantes, foram introduzidos no equipamento internos com conjuntos de três, cinco e sete chicanas com corte de 25%, fixando-se a vazão em 6 L.s⁻¹ foram realizados nove experimentos, e estimados os parâmetros restantes (a3 e a5).



Figura 4 - Separador centrífugo horizontal utilizado em experimentos.

Parâmetro de dispersão	Valores	Parâmetros da queda de pressão	Valores
a_1	$2,32 \cdot 10^5$	a_4	$3,52 \cdot 10^3$
a_2	0,64	a_5	1,75
a_3	0,32		

Tabela 2 – Parâmetros empíricos obtidos por experimentos.

3.2 Dimensionamento do separador horizontal centrífugo através de otimização

Ao executar-se o procedimento descrito na Figura 3, são obtidos os resultados do dimensionamento apresentados na Tabela 3. Para ambos os casos, sem e com chicanas.

Parâmetro de dispersão	Tanque sem chicanas	Tanque com cinco chicanas
D_1 (cm)	20,6	20,6
D_2 (cm)	20,6	20,6
D_3 (cm)	35,0	35,0
D_4 (cm)	53,6	53,6
N	-	5
L (cm)	180	152
B (m)	-	19

Tabela 3 – Dados do dimensionamento do separador gravitacional.

Pelos dados da Tabela 2 verifica-se a obtenção de um equipamento cujas

dimensões são intermediárias dentro da região de busca do algoritmo. Um espaçamento menor de chicanas, poderia provocar complicações na manufatura do tanque, além é claro, do aumento da queda de pressão no equipamento que poderia gerar problemas como formação de bolhas. Consequentemente, a configuração supracitada com cinco chicanas é considerada a mais pertinente. Não obstante, um diâmetro menor poderia levar a um aumento da velocidade de escoamento, não permitindo-se que houvesse tempo de contato suficiente entre as fases para que a separação da água e do óleo fosse eficiente.

4 | NOMENCLATURA

A lista de notações e símbolos utilizados, suas unidades de medida, assim como os dados de entrada do problema, são listados abaixo:

a	Parâmetro empírico
B	Espaçamento de chicanas (m)
C	Custos
d	Diâmetro das moléculas na fase (m)
D	Diâmetro (m)
g	Aceleração da gravidade (m/s ²)
L	Comprimento (m)
t, τ	Tempo (min)
T	Temperatura (oC)
v	Velocidade (m/s)
θ	Parâmetro de dispersão de na separação entre as fases contínua e dispersa;
ρ	Densidade dos fluidos (kg.m ⁻³)
μ	Viscosidade (kg/m.s)
L	Comprimento (m)

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API). Management of Water Discharges: Design and Operation of Oil-Water Separators. Washington, D.C. 1st ed. API Publication 421 (1990).

BEYCHOK, M. R. Aqueous Wastes from Petroleum and Petrochemical Plants. John Wiley & Sons. LCCN. ISBN: 67019834 (1967).

GOODGER, E. M. Hydrocarbon Fuels: Production, Properties and Performance of Liquids and Gases. Macmillan Education UK. ISBN: 978-1-349-02654-8 (1978).

GOUDAPPEL, G., DUYNHOVEN, J. J. P. e MOOREN, M. M. Measurement of oil droplet size distributions in food oil/water emulsions by time domain pulsed field gradient NMR, J. Colloid Interface Sci. 239(2), 535–542 (2001).

GUPTA R K, DUNDERDALE G J, ENGLAND M W, HOZUMI A. Oil/water separation techniques: a

review of recent progresses and future directions. *J. Mater. Chem. A* (2017).

HANSEN E W M, HEITMANN H, LASKA B, ELLINGSEN A, OSTBY O, MORROW T B, DODGE F T, Fluid Flow Modelling of Gravity Separators. Elsevier Science Publishers (1991).

KAJITVICHVANUKUL, P., HUNG, Y. T., WANG, L. K. Oil Water Separation. *Advanced Physicochemical Treatment Processes*, p. 521-548 (2001).

RECORDS A, SUTHERLAND R. *Decanter Centrifuge Handbook*. Elsevier. ISBN 1-85617-369-0 (2001).

GILBERT, T., TELLEZA, T. G., NIRMALAKHANDANB, N. e GARDEA-TORRESDEY, J. L. Performance evaluation of an activated sludge system for removing petroleum hydrocarbons from oilfield produced water. *Adv. Environ. Res.* 6, 455–470 (2002).

RHEE, C. H., MARTYN, P. C., e KREMER, J. G. Removal of oil and grease in the hydrocarbon processing industry, in: *Proceedings of the 42nd Purdue Industrial Waste Conference*, West Lafayette, IN, Lewis Publishers, Chelsea, MI, p. 143-150 (1987).

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