



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

134 Impactos das tecnologias na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-236-4

DOI 10.22533/at.ed.364190304

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Empresas do segmento de alimentos e bebidas que adotam inovação e tecnologia em seus produtos, processos e serviços são reconhecidas e valorizadas pelo consumidor, conseqüentemente competitivas no mercado. A área industrial alimentícia é apenas uma das inúmeras opções que o engenheiro químico tem como campo de trabalho. Mas dentro desta, suas atribuições são variadas, formando um profissional capaz de atuar em múltiplas tarefas.

A necessidade de novas tecnologias na indústria de alimentos requer otimização dos processos de transformação e fabricação, desenvolvimento de novos produtos, avanço da biotecnologia, garantia no controle da qualidade dos produtos, análise econômica dos processos, além da garantia do controle ambiental dos rejeitos e efluentes industriais.

A inovação é fundamental para o desenvolvimento de qualquer empresa. No setor de alimentos não é diferente, e cada vez mais os consumidores desejam consumir novos produtos que consigam aliar sabor, nutrição, qualidade e segurança. Assim como uma destinação correta de resíduos e uso de subprodutos que favorecem consumidor e meio ambiente.

Neste segundo volume, apresentamos inovações tecnológicas na Engenharia Química no setor de alimentos e resíduos de alimentos com estudos estatísticos de controle e processos, modelagem matemática, estudo cinético, sínteses, caracterizações, avaliação de propriedades, rendimento e controle analítico.

A Indústria Alimentar está em evolução constante e a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante neste setor. Os avanços científicos e técnicos permitem hoje produzir alimentos e bebidas que se adaptam melhor à procura dos consumidores de uma forma segura, com processos produtivos mais sustentáveis e eficientes, cobrindo a procura dos mercados globais.

Convidamos você a conhecer os trabalhos expostos neste volume relacionados com alimentos, bebidas, resíduos de alimentos com utilização tecnológica de novos recursos para o produto ou processo.

Bons estudos.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3641903041	
CAPÍTULO 2	8
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
DOI 10.22533/at.ed.3641903042	
CAPÍTULO 3	21
ESTUDO ESTATÍSTICO DO TEOR DE LIGNINA OXIDADA PARA O BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS O PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO	
Anna Alves da Silva Vieira Isabelle Cunha Valim Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.3641903043	
CAPÍTULO 4	26
IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE CALEAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR	
Lorena Marcele de Faria Leite Euclides Antônio Pereira de Lima Ana Cláudia Chesca Flávia Alice Borges Soares Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3641903044	
CAPÍTULO 5	31
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
DOI 10.22533/at.ed.3641903045	

CAPÍTULO 6	43
UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	
Isabelle Cunha Valim Anna Alves da Silva Vieira Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.3641903046	
CAPÍTULO 7	49
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA	
Luís Fernando Figueiredo Faria Cláudia dos Santos Salim Luís Gustavo Ferroni Pereira Elisângela de Jesus Cândido Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.3641903047	
CAPÍTULO 8	56
ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122 e <i>Saccharomyces bayanus</i> RED STAR PREMIER BLANK	
Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato Lucas Gois Brandão Victor Hoffmann Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.3641903048	
CAPÍTULO 9	73
FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	
Fernando Oliveira de Queiroz Jéssica Oliveira Alves Marcelo Bacci da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3641903049	
CAPÍTULO 10	95
CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO	
Lucrécio Fábio dos Santos Flávio Teixeira da Silva Teresa Cristina Brasil de Paiva	
DOI 10.22533/at.ed.36419030410	
CAPÍTULO 11	111
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA	
Marco César Prado Soares Gabriel Fernandes Luz Aline Carvalho da Costa Matheus Kauê Gomes Beatriz Ferreira Mendes Lucimara Gaziola de la Torre Eric Fujiwara	
DOI 10.22533/at.ed.36419030411	

CAPÍTULO 12 118

EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH *Aspergillus* sp

Juliane Medeiros De Marco
Jennifer Salgado da Fonseca
Ricardo Lima Serudo

DOI 10.22533/at.ed.36419030412

CAPÍTULO 13 123

ESTUDO DO MODELO DE NÚCLEO DE RETRAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA COM CO₂ SUPERCRÍTICO

Matheus Manhães Vieira da Silva
João Vítor Melo Amaral
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka
Ana Beatriz Neves Brito

DOI 10.22533/at.ed.36419030413

CAPÍTULO 14 128

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE α -TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA

Iago Henrique Nascimento de Moraes
Ricardo Amâncio Malagoni

DOI 10.22533/at.ed.36419030414

CAPÍTULO 15 136

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA (*Centratherum punctatum* Cass.) OBTIDO POR HIDRODESTILAÇÃO

Rafael Henrique Holanda Pinto
Maria Caroline Ferreira Rodrigues
Wanessa Almeida da Costa
Renato Macedo Cordeiro
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Raul Nunes de Carvalho Junior

DOI 10.22533/at.ed.36419030415

CAPÍTULO 16 143

MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE *Bidens Pilosa* L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO

Ramon Gredilha Paschoal
Marianne Lima Higino
Marisa Fernandes Mendes

DOI 10.22533/at.ed.36419030416

CAPÍTULO 17 161

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper divaricatum* EM FUNÇÃO DA GRANULOMETRIA E MÉTODO DE EXTRAÇÃO

Erick Monteiro de Sousa
Tainá Oliveira dos Anjos
Rafaela Oliveira Pinheiro
Márcia Moraes Cascaes
Lidiane Diniz do Nascimento
Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.36419030417

CAPÍTULO 18 167

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPERATURA PARA OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Mentha spicata* L. UTILIZANDO EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Tháiris Karoline Silva Laurentino
Thuany Naiara Silva Laurentino
Ariovaldo Bolzan

DOI 10.22533/at.ed.36419030418

CAPÍTULO 19 172

ESTUDO REOLÓGICO DA POLPA DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVES

Italo Iury de Souza Guida
Harvey Alexander Villa Vélez
Audirene Amorim Santana
Romildo Martins Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.36419030419

CAPÍTULO 20 179

OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA POLPA DE ABACAXI ATRAVÉS DE EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Relyson Gabriel Medeiros de Oliveira
Williane Moraes de Souza
João Carlos Soares de Melo
Carlos Helaídio Chaves Costa
Adair Divino da Silva Badaró

DOI 10.22533/at.ed.36419030420

CAPÍTULO 21 186

CINÉTICA DE SECAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DO FRUTO DE *Eugenia patrisii* Vahl. (MYRTACEAE)

Erick Monteiro de Sousa
Tainá Oliveira dos Anjos
Lidiane Diniz do Nascimento
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Cristiane Maria Leal Costa
Lênio José Guerreiro de Faria

DOI 10.22533/at.ed.36419030421

CAPÍTULO 22 192

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE TOMATES TIPO CEREJA E UVA POR MODELOS SEMITEÓRICOS E EMPÍRICOS

Heitor Otacílio Nogueira Altino
Renata Nepomuceno da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.36419030422

CAPÍTULO 23 207

SECAGEM DO EXTRATO DA CASCA DE BERINJELA EM SPRAY DRYER COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES

Raissa Henrique Silva
Erica Cortez de Lima
Suziani Cristina de Medeiros Dantas
Thayse Naianne Pires Dantas
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.36419030423

CAPÍTULO 24 214

CINÉTICA DE SECAGEM DO MESOCARPO DE BACURI

Layrton José Souza Da Silva
Dennys Correia Da Silva
Ilmar Alves Lopes
Harvey Alexander Villa Vélez
Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.36419030424

CAPÍTULO 25 219

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTUDO DA SECAGEM E ORIENTAÇÃO DA MATRIZ DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E ACETATO DE AMIDO PELO MÉTODO *TAPE-CASTING*

Ana Luiza Borges Guimarães
João Borges Laurindo
Vivian Consuelo Reolon Schmidt

DOI 10.22533/at.ed.36419030425

CAPÍTULO 26 232

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO DE MANGABA

Antonio Jackson Ribeiro Barroso
Francisco De Assis Cardoso Almeida
João Paulo De Lima Ferreira
Luzia Márcia De Melo Silva
Deise Souza De Castro
Joselito Sousa Moraes
Micheline Maria Da Silva Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.36419030426

CAPÍTULO 27 237

OXIDAÇÃO DE DIFERENTES AÇÚCARES UTILIZANDO CATALISADOR DE PdPtBi/C

Fabiana dos Santos Lima
João Guilherme Rocha Poço

DOI 10.22533/at.ed.36419030427

CAPÍTULO 28 250

PROSPECÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO BIOMA CAATINGA COM POTENCIALIDADE PARA PRODUÇÃO DE QUITINASE

José Renato Guimarães
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira
Eudocia Carla Oliveira de Araújo
Maria Lúcia da Silva Cordeiro
Isabella da Rocha Silva
Ranoel José de Sousa Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.36419030428

CAPÍTULO 29 257

PROJETO CONCEITUAL E ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DO PROCESSO DE PERVAPORAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DO AROMA DO SUCO DE ABACAXI

Bárbara Carlos Bassane

Marianna Rangel Antunes

Cecília Vilani

Roberto Bentes de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.36419030429

CAPÍTULO 30 274

EFEITOS DO TAMANHO DOS GRÂNULOS, DO REVESTIMENTO E DO TIPO DE FERTILIZANTE NA LIBERAÇÃO DE AMÔNIA EM FERTILIZANTES NITROGENADOS

Pedro Queiroz Takahashi

Gabriel Costa de Paiva

Marcelo Andrade de Godoy

José Mauro de Almeida

Deusanilde de Jesus Silva

DOI 10.22533/at.ed.36419030430

SOBRE A ORGANIZADORA..... 279

MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE *Bidens Pilosa* L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO

Ramon Gredilha Paschoal

Departamento de Engenharia Química, UFRRJ,
Seropédica, Rio de Janeiro

Departamento de Produtos Naturais,
Farmanguinhos, Fiocruz

Marianne Lima Higinio

Departamento de Engenharia Química, UFRRJ,
Seropédica, Rio de Janeiro

Marisa Fernandes Mendes

Departamento de Engenharia Química, UFRRJ,
Seropédica, Rio de Janeiro

RESUMO: A *Bidens pilosa* L., planta fitoterápica presente na lista do RENISUS, é usada popularmente no tratamento da febre amarela, inflamações e diversos tipos de tumores. Nos extratos do óleo de *Bidens* destacam-se a presença de metabólitos, cuja abundância sugere que a maioria das atividades biológicas estejam diretamente ligadas à sua presença. Na busca pela extração e obtenção seletiva desses compostos, a extração com CO₂ supercrítico é uma tecnologia alternativa aos problemas encontrados nas extrações convencionais, visto que promove um forte poder de solvatação, não necessitando da utilização de solventes orgânicos, possibilitando estudos que ainda são escassos para esta espécie. A modelagem do processo de extração é realizada, a fim de prever o comportamento e desempenho da

extração. A dificuldade da utilização de um único modelo deve-se ao fato de se realizar a extração com diferentes fatores, pois o comportamento das curvas de extração é intrínseco a cada condição. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi modelar matematicamente o processo de extração do óleo de *Bidens pilosa*, a fim de prever seu comportamento em diferentes condições de pressão e temperatura. Posteriormente, os dados experimentais foram correlacionados aos modelos de Sovová (1994), Kandiah & Spiro (1990) e Brunner et al. (1994), apresentando bons resultados. Assim, foi possível observar que os modelos cinéticos conseguiram representar a extração do óleo de *B. pilosa*, com os melhores resultados para as condições de 179 bar e 46 °C usando o modelo de Sovová (1994), com desvio relativo médio de 3,149%.

PALAVRAS-CHAVE: dióxido de carbono, cinética, compostos bioativos

ABSTRACT: The *Bidens pilosa* L. is a phytotherapeutic plant present in the RENISUS list due to its popular uses in the yellow fever treatment, inflammations and different types of tumors. In the extracts of the oil has metabolites that could be responsible for the biological activities. Because of that and with the objective to selective extract these metabolites, it was done a supercritical extraction of the oil, using carbon

dioxide, because of the high solvation power and absence of any organic solvent. Due to the different conditions of temperature and pressure, the modeling of the extraction process is necessary to predict the behavior and performance of the extraction. There are innumerable models to describe this type of extraction, but it is difficult to find one to represent the extractions involving all types of raw materials. In this point of view, the objective of this work is the mathematical modeling of the supercritical extraction of the *Bidens pilosa* oil, using the experimental data and the models of Sovová (1994), Kandiah & Spiro (1990) and Brunner et al. (1994). The kinetics of the process could be represented by the models, and the better results were found at 179 bar and 46 °C using the Sovová (1994) model, with a mean relative deviation of 3.15%.

KEYWORDS: carbon dioxide, kinetics, bioactive compounds

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as alternativas terapêuticas que surgem a partir do uso da fitoterapia medicinal vêm sendo mais estudadas e valorizadas, pelo alto custo dos medicamentos sintéticos presentes no mercado (Tomazzoni *et al.*, 2006). Devido ao fato de que 80% da população mundial utiliza as plantas no tratamento primário das enfermidades como alternativa ou medicina complementar e, tendo em conta, que o Ministério da Saúde (MS) introduziu como política nacional o uso da fitoterapia no Sistema Único de Saúde (SUS), são necessários estudos mais precisos a respeito do uso desta forma de terapia e, principalmente, da comprovação da regularidade dos extratos, frações ou substâncias utilizadas (Brasil, 2006; Silveira *et al.*, 2008). Os relatos de comunidades tradicionais com relação à utilização das plantas, seus registros e formas terapêuticas resultam em bases de estudo e material de suporte para diversas linhas de pesquisa (Rossato *et al.*, 2012).

A *Bidens pilosa* L. (Figura 1), mais conhecida como picão-preto ou carrapicho, é uma planta da família Asteraceae, nativa da América do Sul e, atualmente, se mostra amplamente distribuída por todo mundo (Oliveira, 2004), sendo seu uso inicialmente registrado na África, Ásia, Oceania e Estados Unidos (Bairwa *et al.*, 2010). A espécie está presente na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS), desenvolvida pelo Ministério da Saúde. Optou-se por trabalhar com a *Bidens pilosa*, pois podem ser encontrados inúmeros artigos etnofarmacológicos apontando a mesma para diversos usos, sendo a presença dos metabólitos secundários, os responsáveis diretos na maioria das atividades (Lucchetti *et al.*, 2009; Gilbert *et al.*, 2013). Seu uso popular no Brasil ocorre principalmente em tratamentos fitoterápicos de doenças como a malária, febre amarela e tumores, assim como para dores, angina, edema, diabetes, infecções e inflamações (Krettli *et al.*, 2011).



Figura 1: *Bidens pilosa* L.: Inflorescência (A) e conjunto de aquênios (B).

Os extratos do óleo de *Bidens* podem ser obtidos a partir de diversas técnicas, sendo a extração com CO₂ supercrítico uma técnica alternativa aos métodos convencionais, cuja principal característica é a ausência de solventes orgânicos no processo. Assim, a técnica não contamina a matriz vegetal e possui maior difusividade molecular. A mesma possibilita a variação da temperatura e da pressão, principalmente para que não ocorra a degradação das substâncias de interesse e para que haja o controle da seletividade e o aumento da transferência de massa do processo. Com esse ajuste também é possível obter um controle do poder de solvência, estabilidade térmica e direcionar a seletividade dos compostos a serem extraídos (Lanças *et al.*, 2001).

Na literatura existe uma escassez de informações em relação aos modelos matemáticos, principalmente os que tentam representar a transferência de massa do processo, e que possam descrever o comportamento das curvas de extração, além de trabalhos que realizem a extração do óleo de *Bidens pilosa* L. como matéria-prima. Diante disso, o presente trabalho visa modelar matematicamente o processo de extração do óleo de *Bidens pilosa* para possibilitar a previsão de seu comportamento.

2 | METODOLOGIA

2.1 Material vegetal

A *Bidens pilosa* foi coletada da plataforma agroecológica da FIOCRUZ-RJ (PAF) em Jacarepaguá, onde passou por limpeza e separação de partes estranhas e deterioradas. Após foi realizada secagem em estufa, a 37 °C por 15 dias. Em seguida, o material seco passou pelo processo de moagem através de um moinho de facas Marconi.

2.2 Extração por Soxhlet

Dez gramas de folhas secas e trituradas foram alimentadas ao extrator de soxhlet com o auxílio de um cartucho de papel de filtro qualitativo, e foram adicionados 100 mL de solvente Etanol PA 99% (Tedia, lote: 15090658) em balão de 250 mL. O aquecimento do mesmo foi realizado com manta (Fisaton 22) e conservou-se em

refluxo por um tempo determinado previamente. A proporção de etanol para massa de planta foi de 10:1 (p/v), o tempo de extração foi de 7 horas e a extração foi realizada em triplicata. Ambos os procedimentos foram escolhidos de acordo com a 5ª Edição da Farmacopeia Brasileira (Anvisa, 2010). O extrato obtido foi concentrado em evaporador rotatório (marca Buchi) e, em seguida, o resíduo de água presente foi eliminado usando um liofilizador (marca Christ). Todas estas etapas foram realizadas no laboratório de Produtos Naturais 4 de Farmanguinhos.

2.3 Planejamento de experimentos da Extração por fluido supercrítico

Foi realizado inicialmente um planejamento de experimentos a fim de reduzir o número de análises e definir quais seriam as melhores condições para a extração por fluido supercrítico. O planejamento mais adequado foi o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), utilizando dois fatores: temperatura e pressão para os níveis apresentados na Tabela 1, sendo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central. A Tabela 1 apresenta a matriz do planejamento experimental utilizado para a realização dos experimentos.

2.4 Extração usando fluido supercrítico

A extração foi realizada no Laboratório de Termodinâmica Aplicada e Biocombustíveis (LTAB) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), cuja unidade experimental é apresentada na Figura 2. O CO₂ (White Martins lote: 04415/15) é bombeado por uma bomba de alta pressão (Palm modelo G100) a uma vazão de, aproximadamente, 6,04 mL/min para o extrator de aço inoxidável com volume de 42 mL.

Nesse extrator foram adicionadas telas de mesh 260 no topo e na parte inferior para que não ocorra a passagem de material vegetal para bomba e nem para a válvula micrométrica, que controla o fluxo e também é usada para o recolhimento das frações, não havendo variação de pressão no extrator.

Experimentos	Variáveis codificadas		Variáveis Independentes	
	Temperatura (°C)	Pressão (bar)	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
1	-1	-1	46	179
2	1	-1	74	179
3	-1	1	46	321
4	1	1	74	321
5	-1,4142	0	40	250
6	1,4142	0	80	250
7	0	-1,4142	60	150
8	0	1,4142	60	350
9	0	0	60	250
10	0	0	60	250
11	0	0	60	250

Tabela 1. Matriz do Planejamento Fatorial Composto Rotacional aplicada à extração do óleo de *Bidens pilosa*.

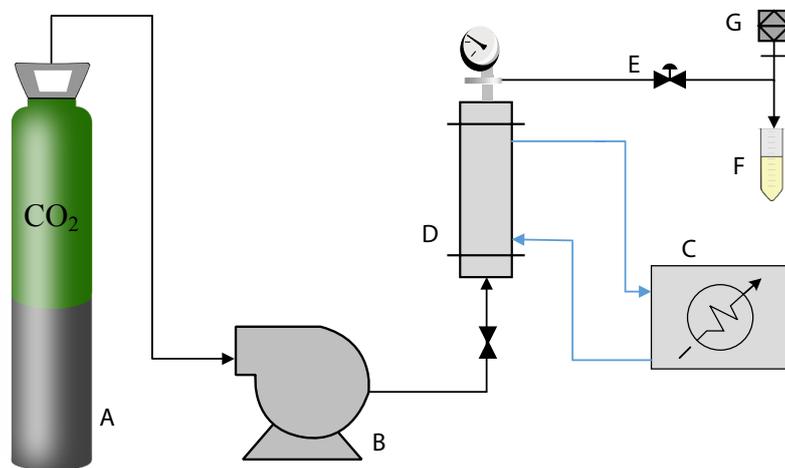


Figura 2: Esquema da unidade de extração supercrítica montada no Laboratório de Termodinâmica aplicada e Biocombustíveis (LTAB), sendo: A: Cilindro de CO₂, B: Bomba de alta pressão, C: Banho termostático, D: Extrator, E: Válvula micrométrica, F: Coletor de amostra, G: Medidor de vazão.

Para o controle da temperatura do processo, é usado um banho termostático (marca Novatecnica) com bomba de agitação (marca Tecnal) e também manômetros para o monitoramento da pressão durante todo o experimento, posicionados na bomba e na válvula micrométrica. Todos os equipamentos são previamente calibrados. O extrator é alimentado com, aproximadamente, 8 g de folhas secas e trituradas e as condições utilizadas estão de acordo com o planejamento de experimentos acima. Maiores detalhes sobre o equipamento e procedimento experimental podem ser consultados em Paschoal (2018).

3 | MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem da cinética de extração usando fluido supercrítico tem como objetivo correlacionar as curvas de extração e possibilitar a predição de seus comportamentos. Para isso, utilizou-se os modelos de Sovová (1994), Brunner *et al.* (1994) e Kandiah & Spiro (1990). A seguir encontram-se detalhados todos os modelos, assim como suas equações matemáticas.

3.1 Modelo de Sovová (1994)

Sovová (1994) desenvolveu um modelo baseando-se na extração por fluido supercrítico do óleo de sementes moídas, no qual o soluto é caracterizado por duas frações, onde a primeira está referida às células quebradas, classificadas como o soluto facilmente acessível (x_p), que está localizado na superfície da partícula e é a primeira fração extraída. Já a segunda refere-se às células intactas – designadas como soluto (x_k) e está localizado dentro da partícula sólida (Sartori *et al.*, 2017).

É um modelo relativamente simples, utilizado atualmente por diversos autores devido à capacidade de empregar o coeficiente de transferência de massa da fase

fluída para descrever o período de taxa de extração constante, e o coeficiente de transferência da fase sólida para a etapa na qual prevalece a difusão. A curva de extração é dividida em três regiões distintas, sendo: a primeira etapa considera que o soluto de fácil acesso (x_p) está disponível na superfície das partículas sólidas e vai se esgotando ao longo do leito; na segunda etapa, o soluto de fácil acesso vai se esgotando e começa a ocorrer a extração de soluto de difícil acesso (TEB), onde t_{TEB} é o final da etapa de taxa de extração decrescente (s); já na terceira etapa, são extraídos os solutos de difícil acesso (x_k) presentes no interior das partículas sólidas, sendo está denominada de etapa difusional.

As equações 1, 2, 3 e 4 apresentam o modelo proposto por Sovová (1994), no qual x_0 representa a quantidade máxima possível de sólido extraído, q a quantidade específica de solvente, y_r a solubilidade, Z o parâmetro do período de extração rápida e W o parâmetro que representa o período de extração lenta.

$$e = \begin{cases} qy_r[1 - \exp(-z)], & \text{se } q < q_m \\ y_r[q - q_m \exp(z_m - z)], & \text{se } q_m \leq q < q_n \\ x_0 - \frac{y_r}{w} \ln\{1 + [\exp(w \frac{x_0}{y_0}) - 1] \exp[w(q_m - q)] x_k/x_0\}, & \text{se } q \geq q_n \end{cases} \quad (1)$$

$$q_m = (x_0 - x_k) / y_r Z \quad (2)$$

$$q_n = q_m + w^{-1} \ln \frac{x_k + (x_0 - x_k) \exp(wx_0/y_r)}{x_0} \quad (3)$$

$$\frac{Z_w}{Z} = \frac{y_r}{wx_0} \ln \frac{x_0 \exp[w(q - q_m)] - x_k}{x_0 - x_k} \quad (4)$$

3.2 Modelo de Brunner (1984)

O modelo proposto por Brunner (1984) foi desenvolvido baseando-se na taxa de extração com fluido supercrítico dos óleos de grãos de café e de sementes de colza. Para a extração da cafeína do café, foi abordada uma solução aproximada para as equações diferenciais e uma de estado estacionário aplicáveis a longo prazo do processo de extração. Já no caso das sementes trituradas prevalece a transferência de massa no estado estacionário. O processo de extração em sólidos é dividido em duas grandes etapas, sendo elas: o transporte das substâncias dentro do material sólido para a interface sólido-gás e a transição das substâncias para o gás e o transporte com a maior parte do gás de extração.

Para a extração, foi considerado um leito fixo, onde a transferência de massa é instável e vai diminuindo desde o início da extração até terminar. A equação 5 foi desenvolvida com base em um conjunto acoplado de equações diferenciais que levam em consideração a concentração dependente do tempo, uma força motriz dependente do tempo, um coeficiente de transporte médio e a influência do fluxo do gás.

O modelo tem por objetivo o cálculo do rendimento da extração (Y_E - equação 5), ajustando o parâmetro k , que representa a taxa constante da extração (h^{-1}), sendo x_0

o valor da fração da massa inicial em fase sólida.

$$Y_E = x_0 [1 - e^{-kt}] \quad (5)$$

3.3 Modelo de Kandiah e Spiro (1990)

Em 1990, Kandiah e Spiro avaliaram as taxas de extração do [6]-gingerol provenientes do rizoma de gengibre jamaicano, secos ao sol, em dióxido de carbono supercrítico. Foi observado que, aproximadamente, 80% do composto de interesse foi extraído na primeira seção linear (etapa de extração rápida), enquanto que os outros 20% foram extraídos nas etapas subsequentes.

Spiro e Kandiah (1989) mostraram que a variação de concentração com o tempo pode ser representada por equações de primeira ordem. A cinética de extração com dióxido de carbono supercrítico é muito complexa, e ao ser representada em função do tempo, gera duas retas que se cruzam, tendo a primeira uma inclinação relativamente íngreme e a segunda uma relativamente baixa. Diante disso, os autores propuseram um modelo que caracteriza um estágio de difusão rápida e um posterior estágio de difusão mais lenta, sendo k_1 e k_2 as constantes para estes dois estágios de difusão.

O modelo apresentado na equação 6, possui quatro parâmetros: f_1 e f_2 , que são as frações do soluto extraído e k_1 e k_2 que são as taxas constantes da extração.

$$Y_E = x_0 \{1 - [f_1 \exp(-k_1 t) + f_2 \exp(-k_2 t)]\} \quad (6)$$

A variação dos dados experimentais e preditos pelos modelos foi feita através do desvio relativo médio (DRM %), calculado através da Equação abaixo, sendo N_{exp} o número de pontos experimentais utilizados.

$$DRM\% = \frac{100}{N_{exp}} \sum \left| \left(\frac{e_{experimental} - e_{calculado}}{e_{experimental}} \right) \right| \quad (7)$$

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Paschoal (2018), encontra-se detalhadamente a descrição do procedimento experimental, assim como todas as curvas de extração obtidas. Nesse trabalho, para apresentar os resultados foram escolhidas as condições para o modelo de Sovová (1994), modelo de Brunner *et al.* (1994) e Kandiah & Spiro (1990).

Alguns parâmetros inerentes ao estudo da extração supercrítica são necessários para a realização dos cálculos da modelagem das curvas de extração pelo modelo

de Sovová (1994). Os parâmetros indispensáveis são a densidade do fluido, vazão volumétrica, vazão mássica, quantidade máxima possível de soluto extraído, carga livre de soluto, solubilidade do óleo (x_0), densidade do soluto e porosidade. Na tabela 2 são apresentados os parâmetros estimados para cada extração realizada com fluido supercrítico, juntamente com cada desvio relativo obtido.

Ensaio	P (bar)	T (°C)	Parâmetros do Modelo			DRM (%)
			K_{fa0}	K_{sa0} (10^{-4})	X_k	
1	179	46	75,317	2,986	0,6905	3,14
2	179	74	1,137	1,417	0,9466	8,75
3	321	46	3,069	1,1049	0,9450	6,14
4	321	74	0,104	126,000	0,9000	18,72
5	250	40	0,354	2,5185	0,9564	1,31
6	250	80	0,626	1,7189	0,9775	6,50
7	150	60	3,552	1,2381	0,9358	9,75
8	350	60	0,465	1,0988	0,9586	4,03
9	250	60	0,104	1,855	0,9976	3,38

Tabela 2: Parâmetros do modelo e desvios relativos para cada condição de operação para o modelo de Sovová (1994).

Diante dos resultados mostrados na Tabela 2, observou-se que o modelo apresentou o melhor ajuste para os dados experimentais na condição de 250 bar e 40 °C, com desvio relativo de 1,31%. Foi possível relacionar que o valor da constante de transferência de massa da fase sólida (K_{sa0}) foi inferior aos valores obtidos da constante da fase fluida (K_{fa0}). Tal fato é possível, visto que o soluto localizado na superfície da partícula sólida (fase fluida) leva menos tempo para ser extraído, em comparação com o soluto localizado no interior da partícula, da etapa difusional (López-Padilla *et al.*, 2017; Sartori *et al.*, 2017).

Assim, os valores de K_{sa0} e K_{fa0} representados pelo modelo Sovová para a curva de extração, representam as transferências de massa interna e externa, indicando que o parâmetro difusional é menos representativo quando comparado com a etapa de convecção na extração por fluido supercrítico do óleo de *Bidens pilosa* (Kitzberger *et al.*, 2009; Piva *et al.*, 2018). A predição das curvas de extração por fluido supercrítico pelo modelo Sovová (1994) são apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5.

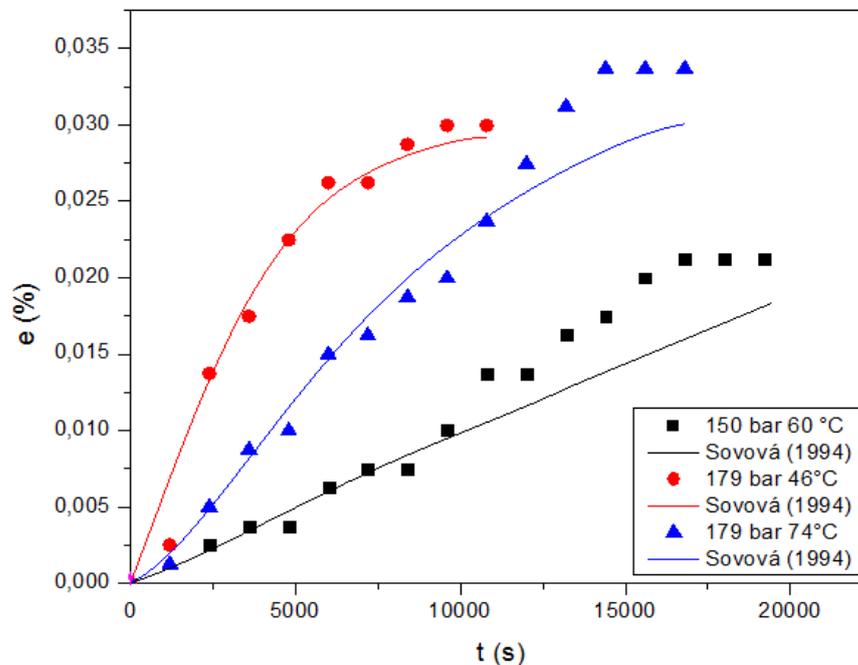


Figura 3: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Sovová (1994), a 150 bar - 60 °C, 179 bar - 46 °C e 179 bar - 74 °C.

Diante das curvas de extração apresentadas, pode-se constatar que os dados experimentais obtidos na condição de 250 bar e 60 °C, com desvios relativos de 3,38%, apresentaram o melhor ajuste para o modelo de Sovová (1994), mesmo que este não tenha tido o menor desvio. Nesta condição experimental, o modelo foi capaz de representar as três fases da cinética de extração, explicadas no item 4.1. Já na condição de 250 bar e 80 °C, apresentando desvio relativo de 6,50%, o comportamento do modelo Sovová (1994) apresentou melhor ajuste apenas no período de extração constante (etapa rápida).

Para as condições experimentais de 179 bar em 46 e 74 °C, o modelo de Sovová (1994) também apresentou boa concordância com os dados experimentais, apresentando desvio relativo de 3,14 e 8,76%, respectivamente. Assim, esses resultados expressaram um satisfatório ajuste nos períodos de extração constante e decrescente.

Da mesma forma ocorreu para as condições de 321 e 46 °C, 321 e 74 °C e 350 e 60 °C, nas quais o modelo de Sovová (1994) somente apresentou bom ajuste com os dados experimentais no período de extração constante, apesar do DRM ser 6,14, 18,72 e 4,03%, respectivamente. Em geral, o modelo de Sovová representou satisfatoriamente os dados experimentais.

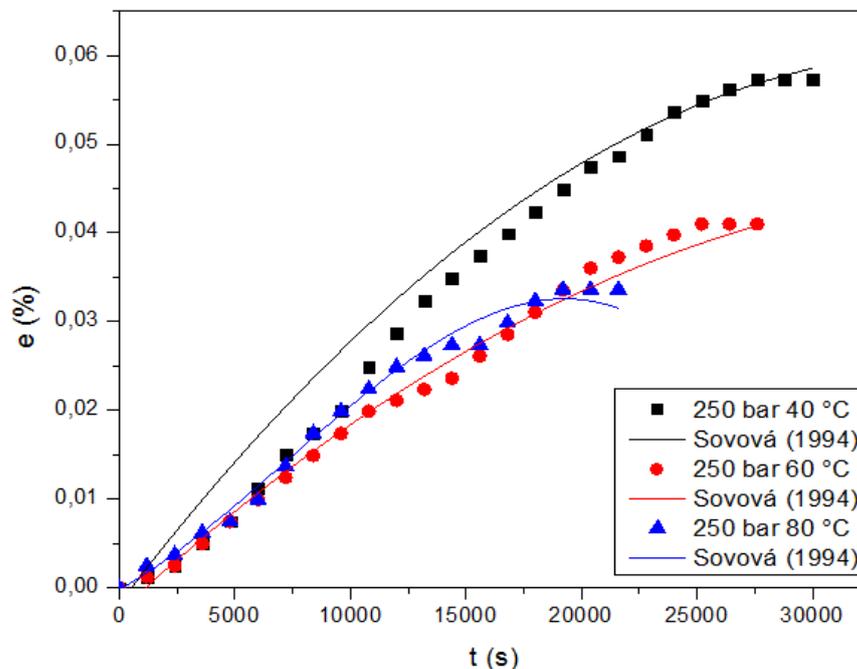


Figura 4: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Sovová (1994), a 250 bar - 40 °C, 250 bar - 60 °C e 250 bar - 80 °C.

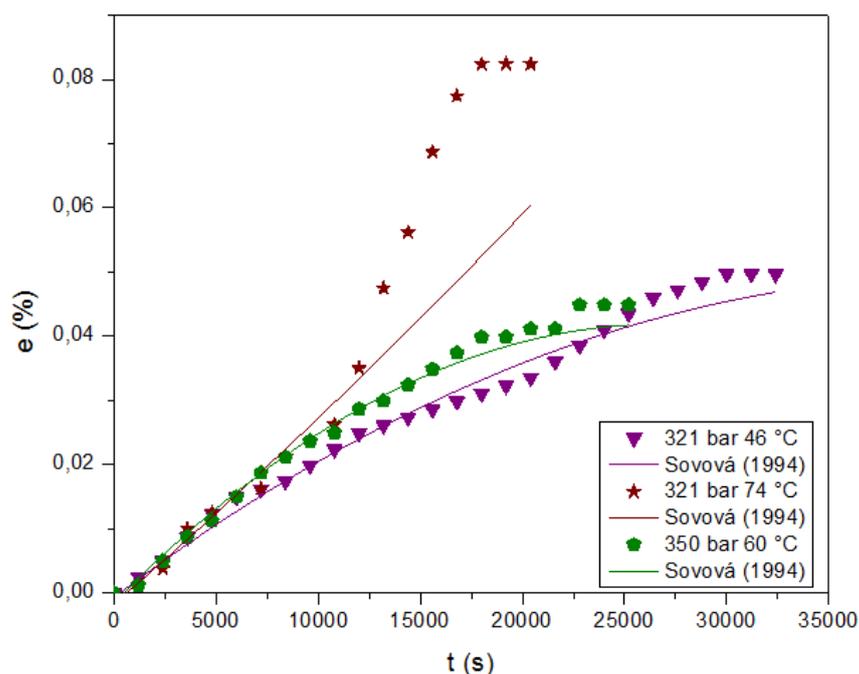


Figura 5: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Sovová (1994), a 321 bar - 46 °C, 321 bar - 74 °C e 350 bar - 60 °C.

O modelo de Brunner (1984) também foi estudado e avaliado, e os valores para os parâmetros do modelo ajustável (taxa constante de extração) e seus desvios relativos médios são apresentados em Tabela 3.

Diante dos resultados apresentados, foi observado que os desvios relativos médios foram satisfatórios e variaram de 2,73% (179 bar e 74 °C) a 29,70% (321 bar e 74 °C). Diante disso, as Figuras 52, 53 e 54 apresentam as curvas cinéticas experimentais e as preditas pelo modelo de Brunner (1984) para as condições operacionais estudadas.

Em relação as curvas de extração, observou-se que a condição de 179 bar e 74

°C retratou um desvio relativo de 2,73%, de tal forma que o modelo de Brunner (1984) apresentou o melhor ajuste para os dados experimentais.

Ensaio	P (bar)	T (°C)	K (h ⁻¹) (10 ⁻³)	DRM (%)
1	179	46	1,320	13,48
2	179	74	0,829	2,73
3	321	46	0,665	6,78
4	321	74	0,837	29,70
5	250	40	0,882	7,61
6	250	80	0,687	4,98
7	150	60	0,422	8,65
8	350	60	0,793	6,23
9	250	60	0,701	5,50

Tabela 3: Parâmetros do modelo e desvios relativos para cada condição de operação para o modelo de Brunner (1984).

Após análise da condição experimental de 179 bar - 46 °C, pode-se verificar que o modelo de Brunner (1984) não apresentou bom ajuste com os dados experimentais, mesmo que este tenha conseguido obter um desvio relativo médio de 13,48%. Já a 150 bar e 60 °C, observa-se que o modelo mostrou um bom ajuste, representando principalmente os dados finais, gerando um desvio relativo médio de 8,65%.

Da mesma forma ocorreu para condição de 250 bar e 40 °C, na qual observou-se que o modelo conseguiu um bom ajuste aos dados finais da curva de extração, com 7,61% de desvio relativo médio. Nas condições de 250 bar a 60 e 80 °C os modelos somente representaram a etapa inicial da extração, apesar do DRM não ser muito significativo dentre as condições investigadas (5,50 e 4,98%).

Para as condições apresentadas na Figura 8, o modelo de Brunner (1984) foi capaz de alcançar um bom ajuste à etapa inicial da extração para 350 bar e 60 °C, apresentando DRM de 6,23%.

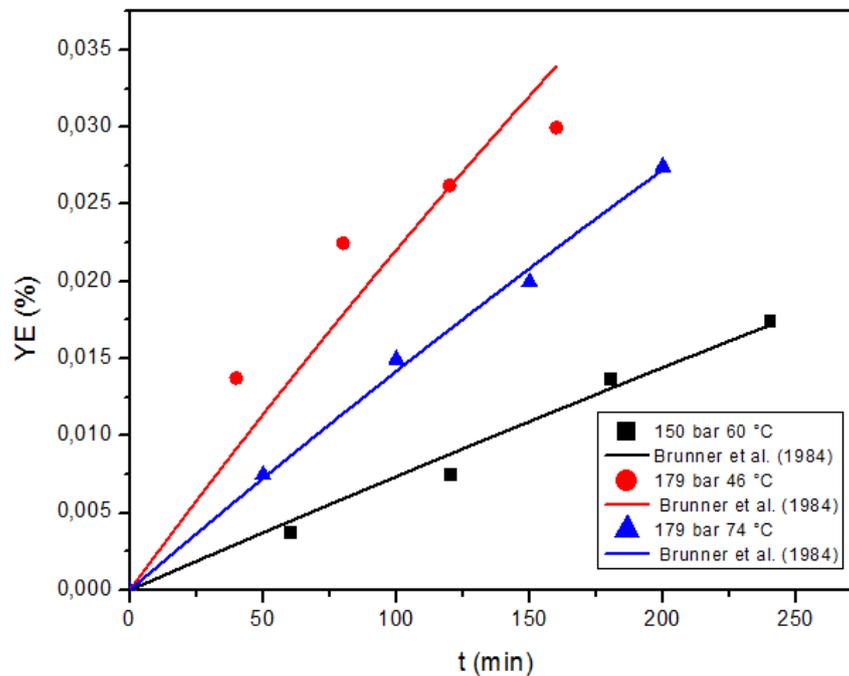


Figura 6: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Brunner (1984), a 150 bar - 60 °C, 179 bar - 46 °C e 179 bar - 74 °C.

Já a 321 bar a 46 °C o modelo refletiu em um ajuste no período final de extração, com DRM de 6,78%. Mais uma vez, a modelagem para condição de 321 bar e 74 °C não apresentou bom ajuste com a curva de extração, apresentando um desvio médio de 29,70%.

Zekovic *et al.* (2014) perceberam um comportamento semelhante para sua modelagem, em que o modelo de Brunner não apresentou os melhores ajustes para extração do majericão.

O modelo de Kandiah e Spiro (1990) para os intervalos de temperatura e pressão foi investigado. Na Tabela 4 são apresentados os valores para os parâmetros do modelo f_1 e f_2 (frações do soluto extraído), k_1 e k_2 (taxas de extração) e seus desvios relativos médios.

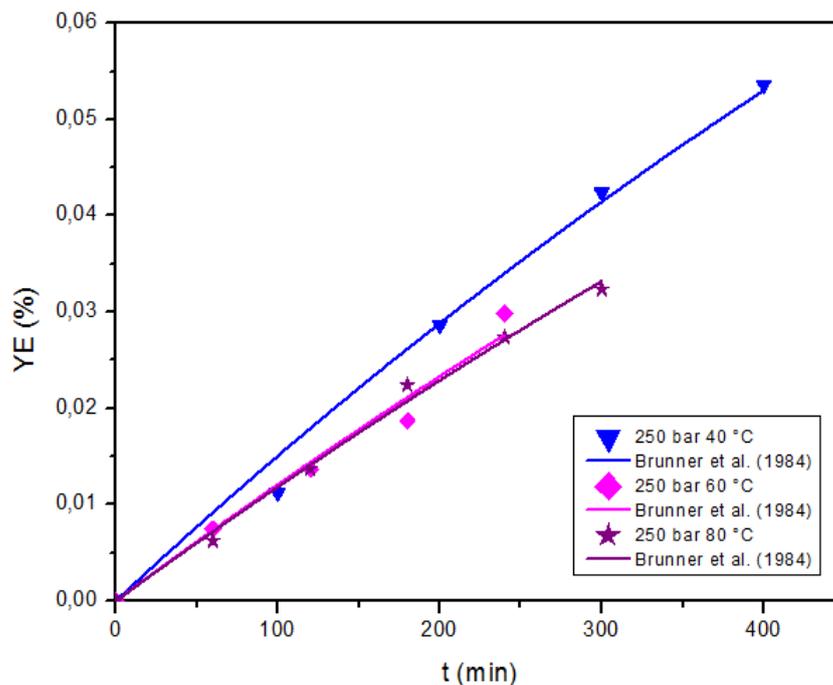


Figura 7: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Brunner (1984), a 250 bar - 40 °C, 250 bar - 60 °C e 250 bar - 80 °C.

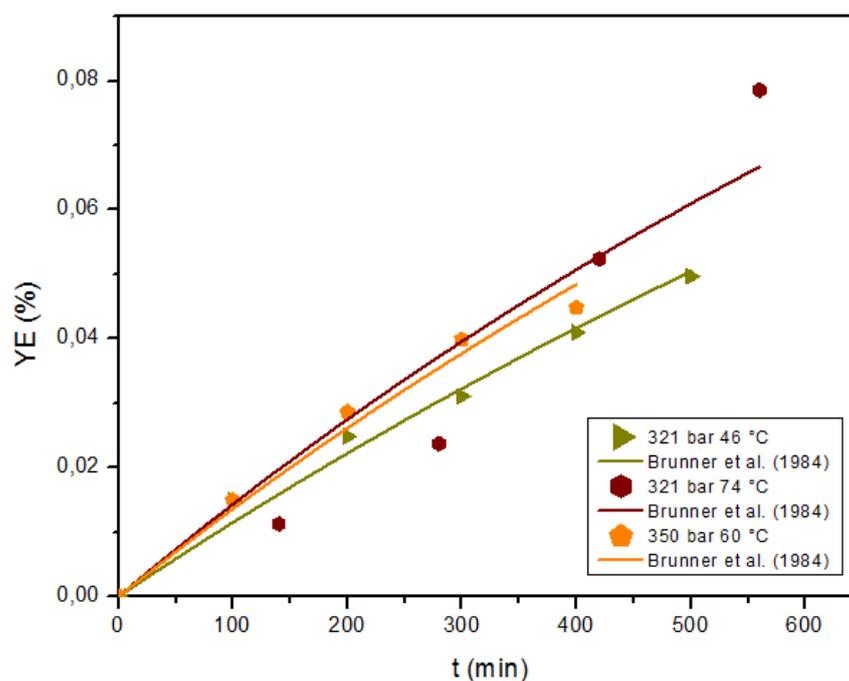


Figura 8: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Brunner (1984), a 321 bar - 46 °C, 321 bar - 74 °C e 350 bar - 60 °C.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, pode-se notar que para esse modelo, os DRM foram satisfatórios e variaram de 0,05% (150 bar e 60 °C) a 20,37% (321 bar e 74 °C). Resultados semelhantes foram obtidos pelos autores Zekovic *et al.* (2014), que estudaram o modelo de Kandiah e Spiro (1990) para representar os dados experimentais da extração supercrítica provenientes do óleo do manjeriço.

	Ensaio	T (°C)	f_1	K_1 (h ⁻¹) (10 ⁻³)	f_2	K_2 (h ⁻¹) (10 ⁻³)	DRM (%)
1	179	46	0,490	1,150	0,490	1,150	8,87
2	179	74	0,499	0,821	0,499	0,821	2,34
3	321	46	0,496	0,085	0,497	1,372	4,30
4	321	74	0,521	0,942	0,521	0,941	20,37
5	250	40	0,504	0,916	0,504	0,916	5,64
6	250	80	0,500	0,693	0,500	0,693	4,53
7	150	60	0,501	0,441	0,501	0,441	0,05
8	350	60	0,495	0,761	0,495	0,761	4,50
9	250	60	0,501	0,717	0,501	0,717	6,03

Tabela 4: Parâmetros do modelo e desvios relativos para cada condição de operação para o modelo de Kandiah e Spiro (1990).

De acordo com esses autores, o modelo proposto foi capaz de representar o processo de extração, mesmo adquirindo altos desvios, e os parâmetros f_1 e f_2 apresentaram valores estatisticamente iguais, assim como os parâmetros k_1 e k_2 . Diante da similaridade entre os desvios dos modelos, acredita-se que o comportamento dos ajustes dos modelos também foi semelhante. Nas Figuras 9, 10 e 11 pode-se observar o ajuste para o modelo de Kandiah e Spiro (1990) e a condição de 150 bar e 60 °C apresentou o melhor ajuste para os dados experimentais, com desvios relativos de 0,05%.

Para a condição operacional de 179 bar - 46 °C, o modelo de Kandiah e Spiro (1990) não apresentou bom ajuste aos dados experimentais, apesar de apresentar um DRM de 8,87%. Já para a mesma pressão a 74 °C, observa-se que o modelo mostrou um bom ajuste, representando todos os dados experimentais, gerando um DRM de 2,34%. O modelo conseguiu um bom ajuste em praticamente todas as curvas das condições de 250 bar a 40, 60 e 80 °C. Entretanto, para os dados experimentais obtidos nas temperaturas de 60 e 80 °C, os modelos somente representaram a etapa inicial da extração e a 40 °C, os modelos somente representaram a etapa final da extração.

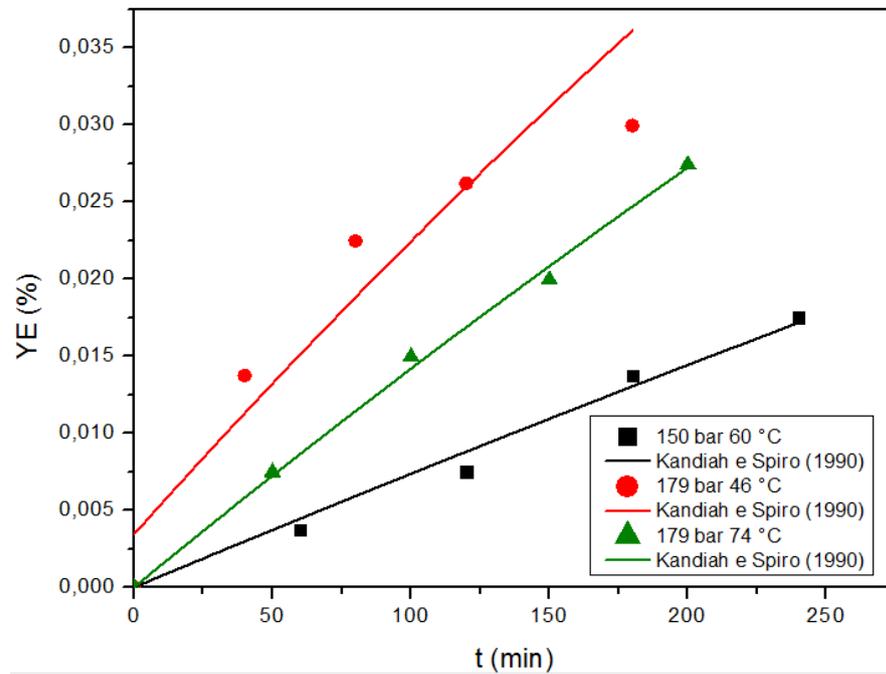


Figura 9: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Kandiah e Spiro (1990), a 150 bar - 60 °C, 179 bar - 46 °C e 179 bar - 74 °C.

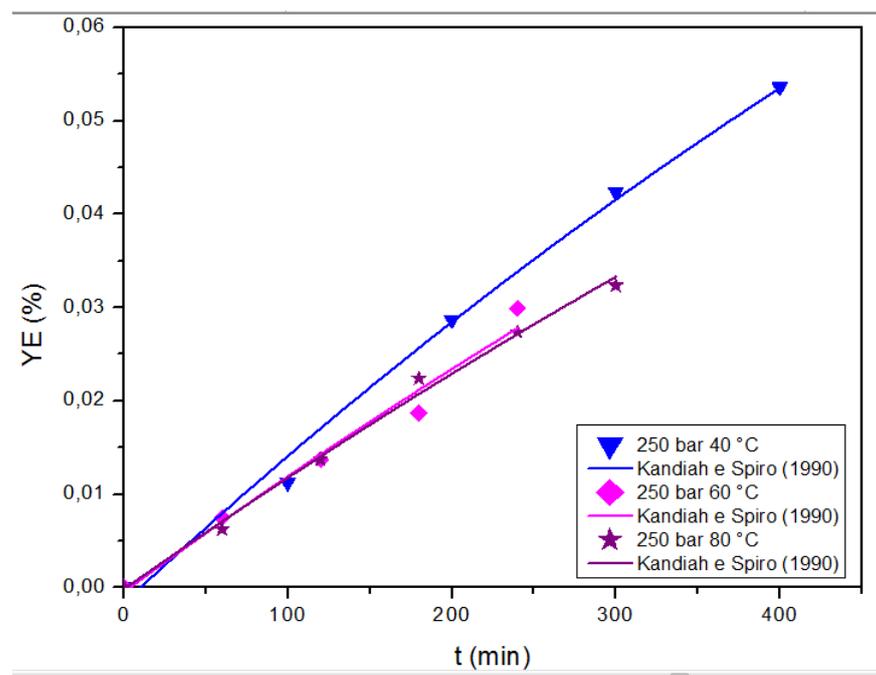


Figura 10: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Kandiah e Spiro (1990), a 250 bar - 40 °C, 250 bar - 60 °C e 250 bar - 80 °C.

Para a condição de 350 bar e 60 °C, o modelo teve um bom ajuste na etapa inicial da extração, apresentando DRM de 4,50%. Já a 321 bar em 46 e 74 °C, o modelo representou melhor o período final de extração, com DRM de 4,30 e 20,37%, respectivamente. Além disso, um comportamento semelhante foi discutido por Rubio-Rodriguez *et al.* (2008), ao investigarem os ajustes dos parâmetros do modelo para a extração supercrítica do óleo dos subprodutos de *Merluccius capensis*. Foi observado que o processo poderia ser controlado pela solubilidade do óleo em SC-CO₂ nos primeiros estágios da extração. Assim, seria possível estimar os dados de solubilidade

do óleo das curvas de extração em tempo zero.

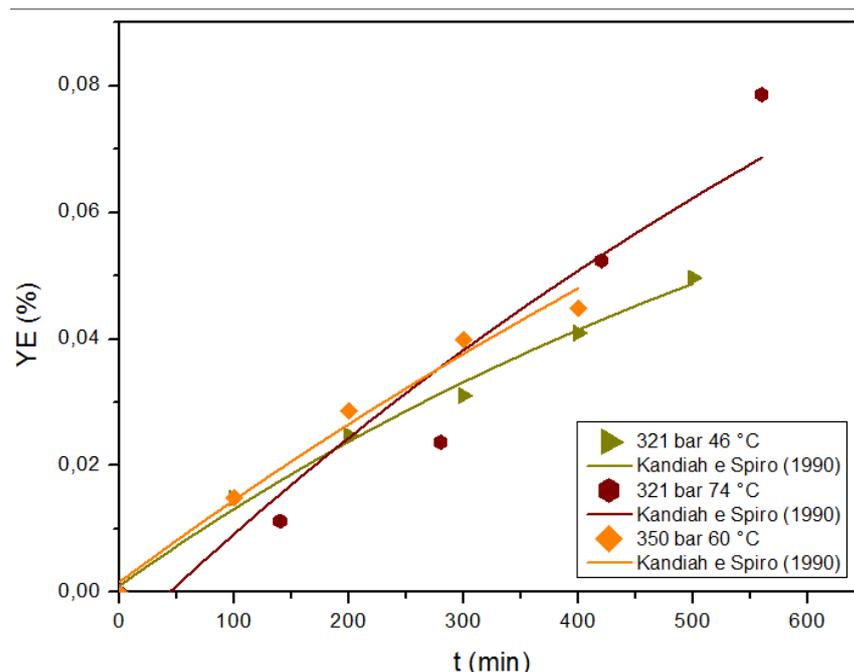


Figura 11: Curvas de extração experimental e predita pelo modelo de Kandiah e Spiro (1990), a 321 bar - 46 °C, 321 bar - 74 °C e 350 bar - 60 °C.

Dessa forma, diante de tudo o que foi abordado e analisado até aqui, a Tabela 5 exibe todas as informações referentes aos desvios relativos médio dos modelos Sovová (1994), Brunner (1984) e Kandiah e Spiro (1990) para todas as condições experimentais.

P (bar)	T (°C)	DR _{Sovová} (%)	DR _{Brunner} (%)	DR _{KandiahSpiro} (%)
179	46	3,14	13,48	8,87
179	74	8,75	2,73	2,34
321	46	6,14	6,78	4,30
321	74	18,72	29,70	20,37
250	40	1,31	7,61	5,64
250	80	6,50	4,98	4,53
150	60	9,75	8,65	0,05
350	60	4,03	6,23	4,50
250	60	3,38	5,50	6,03

Tabela 5: Desvios relativos obtidos para os modelos de Sovová (1994), Brunner *et al.* (1994) e Kandiah & Spiro (1990).

5 | CONCLUSÕES

Os modelos matemáticos correlacionaram com sucesso as curvas de extração

do óleo da planta usando CO₂ supercrítico. Em geral, os modelos cinéticos foram aptos a representar a extração do óleo de *Bidens pilosa*, apresentando desvio máximo de 29,70% na condição de 321 bar e 74 °C para o modelo de Brunner (1984) e mínimo de 0,05% na condição de 150 bar e 40 °C, para o modelo de Kandiah e Spiro (1990). O modelo de Sovová foi o que melhor representou o processo, com DRM mínimo de 3,149%. Observou-se também que os modelos de Brunner *et al.* (1994) e Kandiah & Spiro (1990) avaliam os dados experimentais através da linearização, mostraram a boa correlação dos mesmos frente aos dados experimentais.

REFERÊNCIAS

Bairwa, K.; Kumar, R.; Sharma, R. J.; Roy, R. K. **An updated review on *Bidens pilosa* L.** Der Pharma Chemica, v. 2, n. 3, p. 325-337, 2010.

Brasil 2006 - Portaria nº 971 de 03 de maio de 2006. Aprova a Política nacional de práticas integrativas e complementares no SUS, de 04 de maio de 2006.

Brunner, G. **Mass Transfer from Solid Material in Gas Extraction.** Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie, v. 88, p. 887-891, 1984.

Gilbert, B.; Alves, L. F.; Favoreto, R. ***Bidens pilosa* L. Asteraceae (Compositae; subfamília Heliantheae).** Revista Fitos, v. 8, p. 1 – 72, 2013.

Kandiah, M.; Spiro, M. **Extraction of *Ginger rhizome*: kinetic studies with acetone.** International Journal of Food Science and Technology, v. 24, p. 589-600, 1989.

Kandiah, M.; Spiro, M. **Extraction of ginger rhizome: kinetic studies with acetone.** International Journal of Food Science and Technology, v. 25, p. 328–338, 1990.

Kitzberger, C.; Lomonaco, R.; Michielin, E.; Danielski, L.; Correia, J.; Ferreira, S. **Supercritical fluid extraction of shiitake oil: curve modeling and extract composition.** Journal of Food Engineering, v. 90, p. 35-43, 2009.

Krettli, A.U., Andrade-Neto, V.F., Brandão, M.G.L.; Ferrari, W.M.S. **The search for new antimalarial drugs from plants used to treat fever and malaria or plants randomly selected: a review.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz, v. 96, n. 8, p. 1033-1042, 2001.

Lanças, F. M.; Carrilho, E.; Tavares, M. C. H. **Fluidos supercríticos em química analítica. I. Cromatografia com fluido supercrítico: conceitos termodinâmicos.** Química Nova, v. 24, n. 4, p. 509-515, 2001.

López-Padilla, A.; Ruiz-Rodriguez, A.; Reglero, G.; Fornari, T. **Supercritical carbon dioxide extraction of *Calendula officinalis*: Kinetic modeling and scaling up study.** The Journal of Supercritical Fluids, v. 130, p. 292-300, 2017.

Lucchetti, L.; Teixeira, D. F.; Barbi, N. S.; Silva, A. J. R. ***Bidens pilosa* L. (Asteraceae).** Revista Fitos, v. 4, p. 60 – 70, 2009.

Oliveira, F. Q., Andrade-Neto, V., Krettli, A. U.; Brandão, M. G. L. **New evidences of antimalarial activity of *Bidens pilosa* roots extract correlated with polyacetylene and flavonoids.** Journal of Ethnopharmacology, v. 93, p. 39-42, 2004.

Paschoal, R. G. **Extração com fluido supercrítico do óleo de *Bidens pilosa*: Atividade biológica**

e modelagem matemática. *Dissertação (Mestrado) - Engenharia Química*, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 128 f. **2018.**

Piva, G.; Weschenfelder, T.; Franceschi, E.; Cansian, R.; Paroul, N.; Steffens, C. **Extraction and modeling of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil using subcritical propane.** *Journal of Food Engineering*, v. 228, p. 50-56, 2018.

Rossato, A. E.; Pierini, M. M.; Amaral, P. A.; Santos, R. R.; Citadini-Zanette, V. **Fitoterapia Racional: Aspectos Taxonômicos, Agroecológicos, Etnobotânicos e Terapêuticos.** DIOESC, 2012.

Rubio-Rodriguez, N.; Diego, S. M.; Beltran, S.; Jaime, I.; Sanz, M. T.; Rovira, J. **Supercritical fluid extraction of the omega-3 rich oil contained in hake (*Merluccius capensis* – *Merluccius paradoxus*) by-products: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality.** *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 47, p. 215-226, 2008.

Sartori, R. B.; Higino, M. L.; Bastos, L. H.; Mendes, M. F. **Supercritical extraction of pesticides from banana: Experimental and modeling.** *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 128, p. 149–158, 2017.

Silveira, P. F.; Bandeira, M. A. M.; Arrais, P. S. D. **Farmacovigilância e reações adversas às plantas medicinais e fitoterápicos: uma realidade.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, p. 618-626, 2008.

Sovová, H. **Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO₂. I. Modeling of extraction curves,** *Chemical Engineering Science*, v. 49, n. 3, p. 409–414, 1994.

Tomazzoni, M. I.; Negrelle, R. R. B.; Centa, M. L. **Fitoterapia popular: a busca instrumental enquanto prática terapêutica.** *Fitoterapia popular: a busca instrumental enquanto prática terapêutica*, v. 15, p. 115-121, 2006.

Zekovic, Z.; Filip, S.; Vidovic, S.; Jokic, S. S. **Mathematical modeling of *Ocimum basilicum* L. supercritical CO₂ extraction.** *Chemical Engineering & Technology*, v. 37, n. 12, p. 1-7, 2014.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-236-4

