

Impactos das
Tecnologias na
Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> Lucrecio 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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 Morais
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 Higinio
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

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

Matheus Manhães Vieira da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo - Campus
São Mateus – Departamento de Engenharias e
Tecnologia
São Mateus – Espírito Santo

João Vítor Melo Amaral

Universidade Estadual de Campinas -
Departamento de Engenharia de Sistemas
Químicos
Campinas – São Paulo

Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

Universidade Federal do Espírito Santo - Campus
São Mateus – Departamento de Engenharias e
Tecnologia
São Mateus – Espírito Santo

Ana Beatriz Neves Brito

Universidade Federal do Espírito Santo - Campus
São Mateus – Departamento de Engenharias e
Tecnologia
São Mateus – Espírito Santo

RESUMO: A cafeína é um dos alcaloides mais conhecidos e amplamente utilizados nas indústrias alimentícias e farmacêutica. Os métodos convencionais para extração da cafeína requerem custosos processos de separação, além de apresentarem riscos de contaminação do extrato com resíduos de solvente utilizado. Uma alternativa muito estudada nas últimas décadas é a realização da extração usando

fluidos supercríticos, sobretudo o CO₂, por não compartilhar das mesmas desvantagens dos outros solventes e manter os ganhos em rendimentos. Este trabalho investiga o processo de extração supercrítica da cafeína com CO₂, e suas variáveis, através de modelagem e simulação com o objetivo de determinar uma representação matemática adequada do processo. O modelo escolhido foi o do núcleo em retração que caracteriza a extração, levando em consideração mecanismos como transferência de massa, difusão e solubilidade. A validade do modelo foi determinada por comparação com os resultados experimentais de Azevedo *et al.* (2008). A influência de propriedades do sistema extrativo como temperatura, pressão, vazão de solvente, tamanho de partícula foram analisadas por meio de simulações com o modelo proposto. O ajuste com os dados experimentais permitiu previsões qualitativas dos efeitos de algumas variáveis e permitiu a otimização de seus resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeína, fluidos supercríticos, extração, modelo do núcleo em retração.

ABSTRACT: Caffeine is one of the most widely known, and used alkaloids in food and pharmaceutical industries. Conventional methods for extracting caffeine require costly separation processes as well as the potential

risk of the extract contamination with the residual solvent used. Over the last few decades, one of the alternatives studied has been the extraction using supercritical fluids, especially CO₂. This is because these fluids don't have the same disadvantages over others types of solvents making them having a high performance. The aim of this study is to investigate the process of supercritical extraction of caffeine using CO₂, and its variables by modeling and simulation. Also, determine an adequate mathematical representation of this process. The chosen model was the retraction nucleus that applies the extraction taking into account mechanisms such as mass transfer, diffusion and solubility. The validity of this model was determined by comparing it to experimental results published by Azevedo *et al.* (2008). And, the influence of these extractive system properties such as temperature, pressure, solvent flow, and particle size were analyzed by simulations with the model proposed. Lastly, the adjustment with the experimental data has allowed qualitative predictions of the effects of some variables, and the optimization of their results.

KEYWORDS: Caffeine, supercritical fluids, extraction, retraction nucleus model.

1 | INTRODUÇÃO

A extração de cafeína se mostra um processo bastante atrativo, pois não só possibilita o consumo de produtos descafeínados para os grupos intolerantes, como também fornece cafeína para a indústria farmacêutica e alimentícia (GADKARI e BALARAMAN, 2000; MUKHOPADHYAY, 2000).

Os métodos menos custosos para extração da cafeína envolvem o uso de solventes orgânicos, que atingem rendimentos e seletividades altas, mas seu uso é desencorajado por diversas razões. Os solventes utilizados são nocivos ao ser humano e ao meio ambiente, o que torna perigosos os resíduos de tais processos (KOPCAK, 2003; AZEVEDO *et al.*, 2008).

Um número considerável de trabalhos se dedicou ao estudo da cinética de extração supercrítica e da modelagem da solubilidade de diversas substâncias nessas condições (HENG *et al.*, 2006).

Neste trabalho, objetivou-se modelar o processo de extração da cafeína com CO₂ supercrítico utilizando o modelo do núcleo em retração. A validação do modelo foi feita através de comparação com os resultados experimentais de Azevedo *et al.* (2008).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Dados Experimentais

A Tabela 1 apresenta as propriedades a respeito do grão e do processo.

Propriedade (símbolo)	Valor	Fonte
Porosidade do Grão (ε_p)	0,56	BELAY <i>et al.</i> , 2014
Densidade do Grão ($\rho_{\text{grão}}$)	1326 Kg/m ³	BELAY <i>et al.</i> , 2014
Tortuosidade do Grão (τ)	4	SMITH, 1970
Diâmetro do Grão (ϕ)	0,725 mm	AZEVEDO <i>et al.</i> , 2008
Fração de Cafeína	11 g cafeína/Kg café	YI-FANG, 2012
Diâmetro do Extrator (d)	4,6 cm	AZEVEDO <i>et al.</i> , 2008
Altura do Leito (h)	0,5 m	
Fração de vazios no leito (ε)	0,5	

Tabela 1. Propriedades do grão e do processo de extração.

2.2 Modelo Matemático

O modelo do núcleo em retração foi estudado como possível representação matemática da extração da cafeína de grãos de café, utilizando CO₂ supercrítico. Este modelo baseia-se nas equações de Mukhopadhyay (2000).

2.3 Método Numérico

A solução do modelo proposto só será possível através de método numérico, por tratarem-se de equações diferenciais parciais. O método adotado para solucionar as equações foi o método de Crank-Nicolson, com as seguintes condições de contorno (Eqs. 1 a 4):

$$\frac{\partial x}{\partial Z}(1, \theta) = 0 \quad (1)$$

$$x(0, \theta) - \frac{1}{Pe} \frac{\partial x}{\partial Z}(0, \theta) = 0 \quad (2)$$

$$x(Z, 0) = 0 \quad (3)$$

$$\xi_c(Z, 0) = 1 \quad (4)$$

O software utilizado para resolução do método foi o MATLAB® 2015.

3 | RESULTADOS

Na Figura 1 são apresentadas as curvas obtidas a partir da solução do modelo do núcleo em retração, em vermelho, e as curvas experimentais de Azevedo *et al.* (2008), em azul. Os parâmetros utilizados para obter os pontos calculados estão na Tabela 1.

Os valores de concentração w estimados pelo modelo foram convertidos em massa de cafeína, em gramas, com auxílio da Equação 5:

$$m = \frac{w * C_{sat} * V_{ex}}{1000} \quad (5)$$

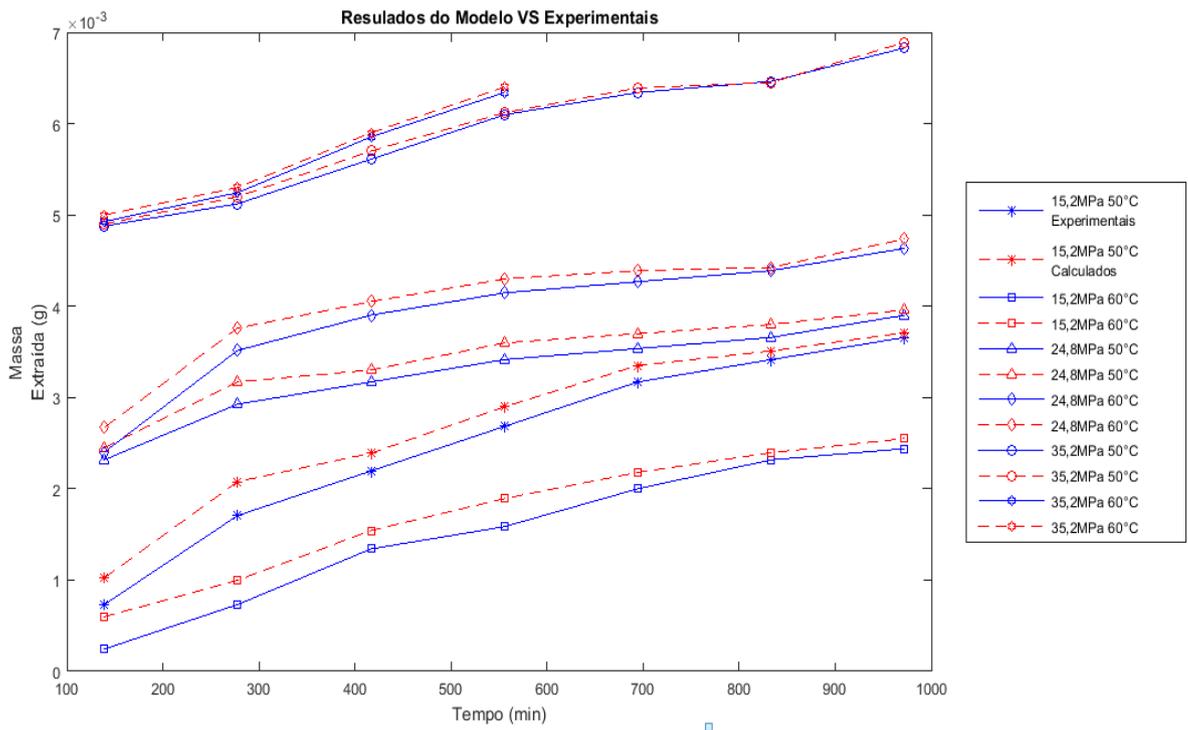


Figura 1. Plotagem dos resultados calculados e experimentais

O modelo se ajustou bem aos resultados, exceto na pressão de 15,2 MPa em ambas as temperaturas. O equacionamento que dá origem ao modelo é baseado em considerações acerca do que ocorreria durante a extração. Quanto mais fiel o processo real for a essas suposições, melhor o modelo se ajustará aos dados.

O modelo do núcleo em retração requer que haja uma camada na qual a resistência à transferência de massa seja muito maior que a resistência na parte mais externa, definindo um núcleo rico em soluto. Como a difusividade da parcela contida no núcleo não é diretamente mensurável, alguns autores como Doker *et al.* (2004) colocam essa situação de maneira diferente: o núcleo está presente quando a concentração de soluto no sólido é muito maior que a solubilidade no solvente.

4 | CONCLUSÕES

O modelo do núcleo em retração apresentou concordância moderada com os resultados experimentais consultados. No entanto, as predições do modelo se mantiveram fiéis, de maneira qualitativa, ao que se encontra na literatura. As similaridades das complicações encontradas no emprego deste modelo neste trabalho com as encontradas por outros autores constituem fortes indícios de que o desenvolvimento de melhores correlações para os números de Sherwood e Peclet, levará a menores divergências com os dados experimentais.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. B. A.; MAZZAFERA, P.; MOHAMED, R.S.; VIEIRA DE MELO, S. A. B.; KIECKBUSCH, T. G. **Extraction of caffeine, chlorogenic Acids and lipids from green coffee Beans using supercritical carbon Dioxide and co-solvents.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 25, p. 543-552, 2008.
- BELAY, A.; BEKELE, Y.; ABRAHA, A.; COMEN, D.; KIM, H. K.; HWANG, Y. **Discrimination of defective (full black, full sour and immature) and nondefective coffee beans by their physical properties.** Journal of Food Process Engineering, v. 37, p. 524-532, 2014.
- DOKER, O.; SALGIN, U.; SANAL, I.; MEHMETOGLU, U.; ÇALIMI, A. **Modeling of extraction o β -carotene from apricot bagasse using supercritical CO₂ in packed bed extractor.** Science Direct, v.28, p.11-19, 2004.
- GADKARI, P. V.; BALARAMAN, M. **Solubility of Caffeine from green coffee tea in supercritical CO₂: a theoretical and empirical approach.** Food Science and Technology, 2000.
- HENG, P. W. S.; CHEAH, E. L. C.; CHAN, L. W. **Supercritical carbon dioxide and its applications in the extraction of active principles from plant materials.** Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 1, p. 59-71, 2006.
- KOPCAK, U. **Extração de Cafeína das Sementes da Planta de Guaraná (Paullinia cupana) com Dióxido de Carbono Supercrítico e co-solventes.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.
- MUKHOPADHYAY, M. **Natural extracts using carbon dioxide.** USA: CRC PRESS, 2000.
- SMITH, J. M. **Chemical Engineering Kinetics.** 2nd Edition. San Francisco: McGraw-Hill, 1970.
- YI-FANG, C. **Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention.** First Edition. John Wiley & Sons Inc, 2012.

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

