



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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>31</b>
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>43</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>49</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>56</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>73</b>
FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	
Fernando Oliveira de Queiroz	
Jéssica Oliveira Alves	
Marcelo Bacci da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>95</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>111</b>
<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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030411</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>118</b>
EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH <i>Aspergillus</i> sp	
Juliane Medeiros De Marco Jennifer Salgado da Fonseca Ricardo Lima Serudo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>123</b>
ESTUDO DO MODELO DE NÚCLEO DE RETRAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA COM CO <sub>2</sub> SUPERCRÍTICO	
Matheus Manhães Vieira da Silva João Vítor Melo Amaral Carlos Minoru Nascimento Yoshioka Ana Beatriz Neves Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE $\alpha$ -TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA	
Iago Henrique Nascimento de Morais Ricardo Amâncio Malagoni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>136</b>
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA ( <i>Centratherum punctatum</i> 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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>143</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE <i>Bidens Pilosa</i> L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO	
Ramon Gredilha Paschoal Marianne Lima Higinio Marisa Fernandes Mendes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>161</b>
RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Piper divaricatum</i> 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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030417</b>	

**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**

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

### **Relyson Gabriel Medeiros de Oliveira**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN  
Caicó – Rio Grande do Norte

### **Williane Moraes de Souza**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN  
Caicó – Rio Grande do Norte

### **João Carlos Soares de Melo**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN  
Caicó – Rio Grande do Norte

### **Carlos Helaídio Chaves Costa**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN  
Caicó – Rio Grande do Norte

### **Adair Divino da Silva Badaró**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN  
Caicó – Rio Grande do Norte

**RESUMO:** Os modelos matemáticos para predição das propriedades termofísicas evoluíram e representam uma oportunidade significativa de melhorar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de alimentos, se tornaram uma alternativa viável na substituição da determinação experimental. Tendo em vista isso, foram propostas equações polinomiais para descrever o comportamento da massa específica da polpa de abacaxi em função da temperatura (10 a 50 °C) e concentração (14, 11 e 8 °Brix). A massa específica foi determinada usando picnômetros,

enquanto a concentração de sólidos solúveis (°Brix) da polpa foi realizada através de leitura direta com auxílio de um refratômetro portátil modelo RT-30ATC. Foram utilizadas equações polinomiais de dois, três e quatro termos com a massa específica da polpa de abacaxi em função da temperatura. A massa específica da polpa de abacaxi diminuiu com o aumento da temperatura e aumentou com o aumento da concentração de sólidos solúveis (°Brix). O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais, na concentração de 14 °Brix, foi o de quatro termos, pois seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ), em tal concentração, foi igual a 0,999. Quanto as concentrações de 11 e 8 °Brix, os modelos polinomiais que melhor se ajustaram aos dados experimentais foram os modelos de três e quatro termos com coeficientes de determinações iguais a 0,966 e 0,999, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Densidade, polpa de fruta, equação polinomial.

**ABSTRACT:** The mathematical models for prediction of thermophysical properties have evolved and represent a significant opportunity to improve the efficiency of heat treatment in the food processing, have become a viable alternative in replacing the experimental determination. In view of this, polynomial equations have been proposed to describe the

behavior of pineapple pulp specific mass as a function of temperature (10 to 50°C) and concentration (14, 11, and 8° Brix). The specific mass was determined using pycnometers, while the concentration of soluble solids (° Brix) of the pulp was performed through direct reading with a hand-held refractometer model RT-30ATC. Polynomial equations of two, three and four terms were used with the pineapple pulp specific mass depending on the temperature. The pineapple pulp specific mass decreased with increasing temperature and increased with increasing concentration of soluble solids (° Brix). The polynomial model that best fit to experimental data, on the concentration of 14° Brix, was to four terms, because its coefficient of determination ( $R^2$ ), in such a concentration, was equal to 0.999. As concentrations of 11 and 8° Brix, polynomial models that best fit to the experimental data were the three models and four terms with coefficients of determination like 0.966 and 0.999, respectively.

**KEYWORDS:** Density, pulp of fruit, polynomial equations.

## 1 | INTRODUÇÃO

O aumento no consumo e comercialização de polpa de frutas vem crescendo significativamente a cada ano já que as pessoas estão buscando produtos mais saudáveis e com maior praticidade. A polpa de frutas é amplamente usada em vários segmentos da indústria de produtos alimentícios, tais como as indústrias de sucos naturais, sorvetes, laticínios, balas, doces, geléias, etc (SILVA *et al.*, 2010).

O abacaxi é considerado um dos mais importantes frutos e seu cultivo vem se expandindo no mundo, por longo tempo tem sido a fruta não cítrica mais popular nos países tropicais e subtropicais, principalmente pelo seu atrativo sabor e aroma, contendo uma grande diversidade de vitaminas e sais minerais (FREIMAN & SABAA SRUR, 1999; MIRANDA *et al.*, 2015). Para a indústria de alimentos o suco é o produto nobre do abacaxi, tanto para consumo, quanto para fabricação de vários subprodutos (como as polpas de frutas) e para exportação (SOUSA e TORRES, 2011). No processamento das polpas de frutas ocorre a aplicação de processos térmicos que envolvam transferência de calor, como aquecimento, resfriamento e congelamento.

O conhecimento das propriedades termofísicas, como massa específica, calor específico, condutividade e difusividade térmica, se torna, então, fundamental para o dimensionamento dos equipamentos utilizados nos processos que envolvam transferência de calor, a fim de estimar o tempo de processamento e a quantidade de energia envolvida durante os processos térmicos (PEREIRA, 2013).

Como a composição dos materiais biológicos é heterogênea, a modelagem e otimização dos processos, dependem de parâmetros que podem variar durante o processo como, o teor de umidade, estrutura do produto e faixa de temperatura utilizada (MATTOS e MEDEIROS, 2008).

Os modelos matemáticos para predição das propriedades termofísicas representam uma alternativa viável na substituição da determinação experimental

dessa propriedades, o qual pode ser muito dispendioso (EGEA et al., 2015).

Dessa forma, objetiva-se neste trabalho determinar experimentalmente a massa específica da polpa de abacaxi em diferentes temperaturas e concentrações (°Brix) e estabelecer uma correlação matemática entre esses parâmetros.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

As frutas foram adquiridas no comércio e, posteriormente, foram lavadas em água corrente e depois imersas em uma solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm, durante 15 minutos; em seguida, foram enxaguadas e despulpadas utilizando um multiprocessador. Posteriormente, as polpas foram envasadas e armazenadas em um refrigerador.

As análises da massa específica das polpas de frutas foram realizadas em triplicata, nas temperaturas de 10, 20, 30 40 e 50°C e nas concentrações de 14, 11 e 8 °Brix. Foram usados picnômetros previamente calibrados com água destilada em cada temperatura do experimento e a pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Os cálculos da massa específicas foram de acordo com a Equação 1 descrita abaixo.

$$\rho = m/v \quad (1)$$

onde:

$\rho$  – é massa específica (kg/m<sup>3</sup>)

m- é massa (kg)

v- é volume (m<sup>3</sup>)

As temperaturas das amostras foram controladas através do banho termostato e por meio dos termômetros presentes nos próprios picnômetros. A concentração de sólidos solúveis totais da polpa foi realizada através de leitura direta com auxílio de um refratômetro portátil modelo RT-30ATC, com escala de 0 a 32 °Brix, devidamente calibrado e ajustado a 20°C com água destilada, e os resultados expressos em °Brix. Quanto a modelagem matemática da massa específica da polpa, foram utilizados os modelos polinomiais genéricos (2 e 3), polinomiais linear (4) e com três termos (5), descritos abaixo.

$$\rho = a+bT \quad (2)$$

$$\rho = a+bT+cT^2 \quad (3)$$

$$\rho = a+bT+dT^2+eT^3 \quad (4)$$

onde: T – Temperatura (°C); a, b, c e d – constantes

Em referência ao ajuste dos modelos, o mesmo foi realizado pelo método Quasi-

Newton por meio de análises de regressão não linear. O grau de ajuste de cada modelo foi considerado pela magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Tem-se na Figura 1 o comportamento da massa específica da polpa de abacaxi em relação as temperaturas de (10 a 50 °C) e nas concentrações de (14, 11, 8 °Brix). Observa-se que a massa específica da polpa de abacaxi diminui em função do aumento da temperatura. Nota-se, também, que a massa específica da polpa de abacaxi aumentou de acordo com o aumento da concentração. Guedes, *et al.*, (2010) analisando o comportamento da polpa de melancia em diferentes concentrações (8, 17, 26 e 35 °Brix) e temperaturas (10 a 60 °C) também observaram que a massa específica da polpa de melancia diminui com o aumento da temperatura e aumentou com o aumento da concentração.

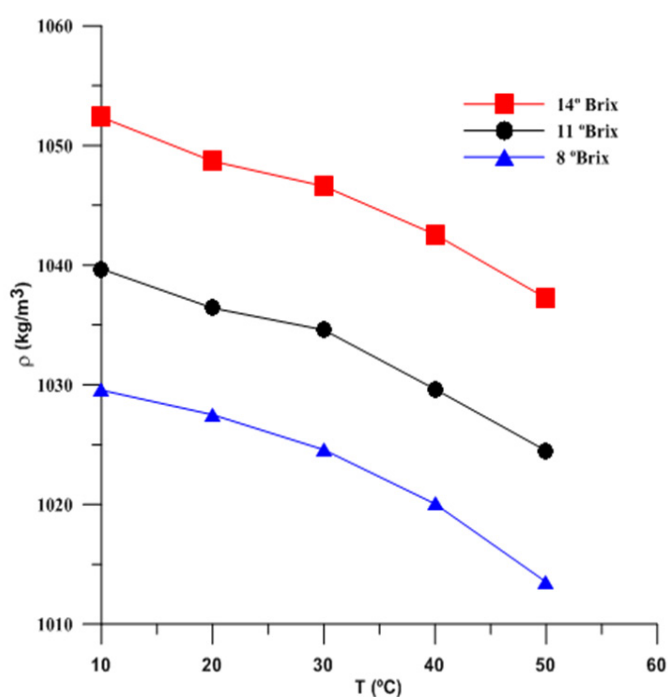


Figura 1- Massa específica da polpa de abacaxi em diferentes concentrações.

A diminuição da densidade com o aumento da temperatura está relacionada ao fenômeno de expansão do volume ao qual as moléculas de um início de fluido para vibrar a altas velocidades devido à energia fornecida ao sistema, aumentando a distância entre elas, ou ainda, a massa específica diminui com o aumento da temperatura devido à expansão a nível molecular da polpa (MERCALI, *et al.*, 2011; CHIN, *et al.*, 2008). Segundo Chin, *et al.*, (2008) o aumento da massa específica com relação aos sólidos solúveis totais é devido a remoção de água deixando constituintes (proteínas, carboidratos e sólidos solúveis totais) da polpa mais concentrado.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 encontram-se três modelos de equações polinomiais que foram utilizadas para descrever o efeito da temperatura na massa específica da polpa de abacaxi e seus respectivos coeficientes de determinações nas concentrações de 14, 11 e 8 °Brix.

Equação	a	b	d	e	R <sup>2</sup>
$r=a+bT$	1056,3997	-0,3637			0,989
$r=a+bT+dT^2$	1053,7578	-0,1372	-0,0037		0,996
$r=a+bT+dT^2+eT^3$	1057,7861	-0,7031	0,0178	-0,0002	0,999

Tabela 1 – Equações propostas para o cálculo da massa específica da polpa do abacaxi com 14 °Brix em função da temperatura

$\rho$  - Massa específica (kg/m<sup>3</sup>); T – Temperatura (°C); a, b, c e d – constantes

Equação	a	b	d	e	R <sup>2</sup>
$r=a+bT$	1044,1109	-0,3717			0,984
$r=a+bT+dT^2$	1040,6655	-0,0764	-0,0049		0,996
$r=a+bT+dT^2+eT^3$	1040,6655	3,7340	-0,0049	-1,2701	0,996

Tabela 2 – Equações propostas para o cálculo da massa específica da polpa de abacaxi com 11 °Brix em função da temperatura.

$\rho$  - Massa específica (kg/m<sup>3</sup>); T – Temperatura (°C); a, b, c e d – constantes

Equação	a	b	d	e	R <sup>2</sup>
$r=a+bT$	1034,8949	-0,3953			0,975
$r=a+bT+dT^2$	1029,6037	0,0582	-0,0075		0,999
$r=a+bT+dT^2+eT^3$	1029,6037	3,7481	-0,0075	-1,2299	0,999

Tabela 3 – Equações propostas para o cálculo da massa específica da polpa do abacaxi com 8 °Brix em função da temperatura

$\rho$  - Massa específica (kg/m<sup>3</sup>); T – Temperatura (°C); a, b, c e d – constantes

Nota-se que, na concentração de 14 °Brix, o modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais, foi o modelo de quatro termos com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) igual a 0,999. Observa-se ainda que os modelos polinomiais que melhor se ajustaram aos dados experimentais, nas concentrações de 11 e 8 °Brix, foram os de três termos e de quatro termos que tiveram, respectivamente, coeficientes de determinação iguais a 0,996 e 0,999. Alves et al., (2016) estudando o efeito da temperatura em relação a massa específica do suco de laranja, também propuseram modelos polinomiais para prever os valores da massa específica do suco de laranja, e observaram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com três termos.

Alves et al., (2017) estudando o efeito da temperatura em relação a massa

específica da polpa de goiaba, também propuseram modelos polinomiais para prever os valores da massa específica da polpa de goiaba, e observaram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com quatro termos que teve coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,9979. Araújo et al., (2002) estudando o comportamento da massa específica da polpa de cupuaçu na concentração de 9 °Brix e nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, observaram que o modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de quatro termos com o coeficiente de determinação igual a 0,999.

Verifica-se ainda nas Tabelas 1, 2 e 3 que os modelos polinomiais de dois termos que também apresentaram valores de coeficientes de determinações ( $R^2$ ) satisfatórios, sendo eles superiores a 0,975 em todas as concentrações. Lima et al., (2003) estudando a massa específica da polpa de umbu nas concentrações de 10, 20 e 30 °Brix e nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, propuseram equações de dois termos e todas as temperaturas obtiveram coeficiente de determinação  $< 0,966$ .

#### 4 | CONCLUSÃO

A massa específica da polpa de abacaxi tendeu a diminuir com o aumento da temperatura e aumentar com o aumento da concentração de sólidos solúveis (°Brix). O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais, na concentração de 14 °Brix, foi o de quatro termos, pois seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ), nesta concentração, foi igual a 0,999. Quanto as concentrações de 11 e 8 °Brix, os modelos polinomiais que melhor se ajustaram aos dados experimentais foram os modelos de três e quatro termos com coeficientes de determinações iguais a 0,966 e 0,999, respectivamente. Em relação ao modelo polinomial de dois termos, verificou-se que, em todas as três concentrações (14, 11 e 8 °Brix), apesar de não ter o melhor coeficiente de determinação em nenhum dos casos, o modelo apresentou um bom ajuste em todas as concentrações com o coeficiente de determinação ( $R^2$ )  $> 0,957$  em todos os casos.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, M.N.M.; SANTOS, D.A.; MELO, J.C.S.; COSTA, C.H.C.; FEITOSA, R.M. **Efeito da temperatura na massa específica do suco da laranja**. CBQ 56° Congresso Brasileiro De Química, Belém/PA de 07/10 a 11/10 de 2016. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/10/9153-17673.html> Acesso em: 10 de março 2017.

ALVES, M.N.M.; SANTOS, D.A.; MELO, J.C.S.; COSTA, C.H.C.; BADARÓ, A.D.S. **Avaliação de modelos polinomiais para estimar a massa específica da polpa de goiaba**. CBQ 57° Congresso Brasileiro De Química, Gramado/RS de 23/10 a 27/10 de 2017. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/10/10493-17673.html> Acesso em: 11 de MARÇO 2018.

ARAÚJO, J. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Massa específica de polpa de cupuaçu (theobroma grandiflorum schum.) sob diferentes temperaturas**. Revista Brasileira de Produtos



Agroindustriais. v.4, n.2, p.127-134, 2002.

CHIN, NYUK L.; CHAN, SUIT M.; YUSOF, YUS ANIZA; CHUAH, TEONG GUAN; AND TALIB, ROSNITA A. (2008) **Prediction of Physicochemical Properties of Pummelo Juice Concentrates as a Function of Temperature and Concentration**. International Journal of Food Engineering: Vol. 4: Iss. 7, Article 6.

EGEA, M. B.; REIS, M. H. M.; DANESI, E. D. G. **Aplicação de modelos matemáticos preditivos para o cálculo das propriedades termofísicas do palmito pupunha**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. v.17, n.2, p.179-187, 2015.

FREIMAN, LENICE O. SABAA SRUR, A. U. O. **Determinação de proteína total e escore de aminoácidos de bromelinas extraídas dos resíduos do abacaxizeiro** (Ananas comosus, (L.) Merrill). Ciência e Tecnologia de Alimentos. v.19, n.2, p.170-1733, 1999.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. M.; DINIZ, M. D. M. S. **Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia**. Brazilian Journal of Food Technology. v. 13, n. 4, p. 279-285, 2010.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Propriedades termofísicas da polpa de umbu**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. vol. especial, n.1, p.31-42, 2003.

MATTOS, J. S.; MEDEROS, B. J. T. **Densidade de polpas de frutas tropicais: banco de dados e determinação experimental**. A Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas. v.2, n.2, p. 109-118, 2008.

MERCALI, G. D.; SARKIS, J. R.; JAESCHKE, D. P.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. **Physical properties of acerola and blueberry pulps**. International Journal of Food Engineering. v.106, p. 283-289, 2011.

MIRANDA, D. S. A.; PESSOA, T.; FIGUEIREDO, R. M. F.; GURJÃO, F. F.; PINHEIRO, R. M. M.; MARTINS, A. G. L. A. **Elaboração e caracterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho**. Ciência e Agrotecnologia. v. 36, n. 1, p. 82-87, dez. 2015.

PEREIRA, C. G. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico de polpa de acerola em diferentes concentrações e temperaturas**. 2013, 135 f. Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, M. A. C.; SILVA, Z. E.; OLIVEIRA, E. P.; OLIVEIRA, A. S. S.; SILVA, C. K. F. **Determinação de propriedades termofísicas da polpa de acerola: aplicação do método flash**. In: VI Congresso Nacional de Engenharia mecânica, 4, Campina Grande, 2010. Anais. Campina Grande: Universidad Federal de Campina Grande, p.1-7.

SOUSA, O. P.; TORRES, J. L. R. **Caracterização física e química do abacaxi sob densidades de plantio e laminas de irrigação no Triângulo Mineiro**. Magistra, v. 23, n. 4, p. 175-185, 2011.

## **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

