

# Investigação Científica no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos 3

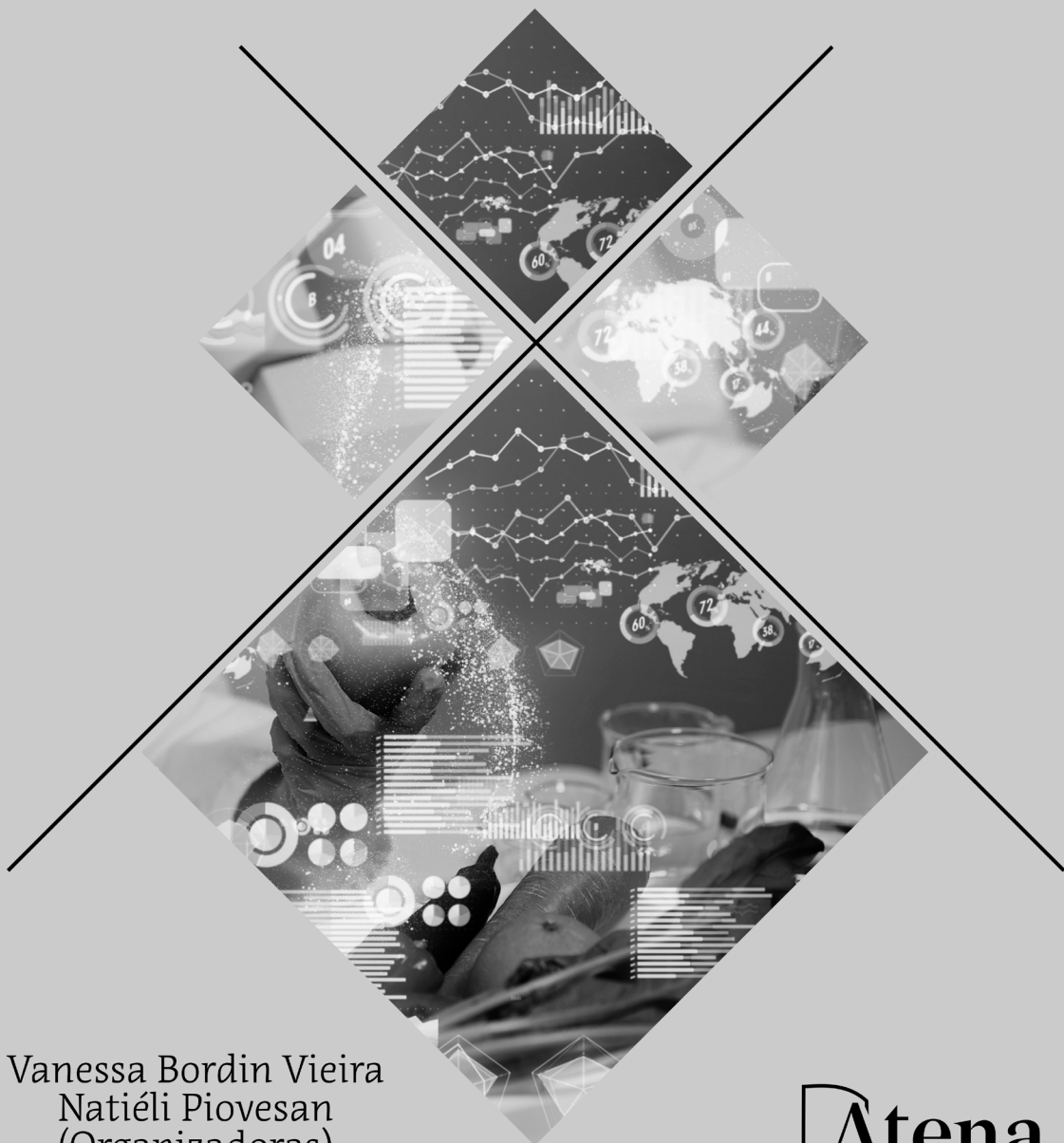


Vanessa Bordin Vieira  
Natiéli Piovesan  
(Organizadoras)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# Investigação Científica no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos 3



Vanessa Bordin Vieira  
Natiéli Piovesan  
(Organizadoras)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaió – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



# Investigação científica no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos 3

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadoras:** Vanessa Bordin Viera  
Natiéli Piovesan

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I62      Investigação científica no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos 3 / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-088-6  
DOI 10.22533/at.ed.886210521

1. Tecnologia de Alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin (Organizadora). II. Piovesan, Natiéli (Organizadora). III. Título.  
CDD 644

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

O *e-book* “Investigação Científica no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos 2”, está dividido em 2 volumes que totalizam 48 artigos científicos, os quais englobam temáticas relacionadas a Ciência e Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos. Os artigos abordam assuntos atuais na área de alimentos, ampliando o conhecimento da comunidade científica.

Desejamos uma boa leitura!

Vanessa Bordin Viera

Natiéli Piovesan

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA APPCC NUMA SORVETERIA DA BAIXADA SANTISTA**

Rafael Martins Gomes  
Antonio Enésio de Sousa  
Felipe Alencar Machado  
Thifany Souza Campos  
Vitoria Reis Bottura

**DOI 10.22533/at.ed.8862105211**

### **CAPÍTULO 2..... 9**

#### **ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DO CONSUMIDOR DE PESCADO DO MUNICÍPIO DE TURIAÇU, LITORAL OCIDENTAL DO MARANHÃO**

Ivana Correia Costa  
Malena Correia Costa  
Daniele Pereira  
Mariene Amorim de Oliveira  
Aline de Jesus Lustosa Nogueira  
Ellen Fernanda Monteiro Copes  
Josyanne Araújo Neves

**DOI 10.22533/at.ed.8862105212**

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **APLICABILIDADE DA BACTERIOLOGIA CONVENCIONAL E BIOLOGIA MOLECULAR PARA PESQUISA DE *Listeria monocytogenes* EM LEITE UAT**

Polyana de Faria Cardoso  
Fábio Antônio Colombo  
Maria Clara Freitas de Assis  
Lívia do Nascimento Santana  
Sandra Maria Oliveira Morais Veiga

**DOI 10.22533/at.ed.8862105213**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADAPTATIVA DE *ESCHERICHIA COLI* ENTEROHEMORRÁGICA AO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO**

Michelle Carlota Gonçalves  
Juliana Junqueira Pinelli  
Tenille Ribeiro de Souza  
Jorge Pamplona Pagnossa  
Mônica Aparecida da Silva  
Anderson Henrique Venâncio  
Clara Mariana Gonçalves Lima  
Bruna Azevedo Balduino  
Nelma Ferreira de Paula Vicente  
Roberta Hilsdorf Piccoli

**DOI 10.22533/at.ed.8862105214**

**CAPÍTULO 5.....42**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO GESTOR NAS COMPETÊNCIAS GERENCIAIS EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO**

Maria Rosa Figueiredo Nascimento  
Alexandra Marins Hatschek  
Beatriz de Lopes  
Katia Cansanção Correa de Oliveira  
Vânia Madeira Policarpo  
**DOI 10.22533/at.ed.8862105215**

**CAPÍTULO 6.....52**

**COALICIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO LOCAL: LA INNOVACIÓN SOCIAL EN LOS PROGRAMAS DE ADQUISICIÓN DE ALIMENTOS – PAA Y PNAE**

Rosinele da Silva de Oliveira  
José Daniel Gómez López  
Mário Vasconcellos Sobrinho  
**DOI 10.22533/at.ed.8862105216**

**CAPÍTULO 7.....74**

**COMPARAÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PASTAS COMERCIAIS CONTENDO MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS COM AS INFORMAÇÕES DA ROTULAGEM NUTRICIONAL**

Cecília Cassimiro Pereira  
Milena de Oliveira Dutra  
Maria Luiza Tonetto Silva  
Gustavo Puppi Simão  
Samuel Milanez  
Maria Manuela Camino Feltes  
**DOI 10.22533/at.ed.8862105217**

**CAPÍTULO 8.....84**

**COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ANTOCIANINAS TOTAIS DE CULTIVARES HÍBRIDAS DE UVAS *SWEET SAPPHIRE*, *SWEET SURPRISE* E *SWEET JUBILEE***

Marta Angela de Almeida Sousa Cruz  
Gabriela de Freitas Laiber Pascoal  
Lauriza Silva dos Santos  
Larissa Gabrielly Barbosa Lima  
Maria Eduarda de Souza Jacintho  
Anderson Junger Teodoro  
**DOI 10.22533/at.ed.8862105218**

**CAPÍTULO 9.....95**

**CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DE AÇOUGUES ASSOCIADAS À QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CARNE *IN NATURA***

Erica Lorena Batista da Silva  
Teresa Emanuelle Pinheiro Gurgel

Carolina de Gouveia Mendes da Escossia Pinheiro

Joice Teixeira Souza

Kewen Santiago da Silva Luz

**DOI 10.22533/at.ed.8862105219**

**CAPÍTULO 10..... 110**

CONTAGEM DE *CLOSTRIDIUM PERFRINGENS*, DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* E DETECÇÃO DE *SALMONELLA* SPP. EM CARNE MECANICAMENTE SEPARADA

Andressa Barella de Freitas

Creciana Maria Endres

Andreia Paula Dal Castel

Maristela Schleicher Silveira

Jaqueline Lidorio de Mattia

Elizandro Prudence Nickele

**DOI 10.22533/at.ed.88621052110**

**CAPÍTULO 11..... 117**

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO E SIMULAÇÃO DE DIAGRAMA DE FASES 3D PARA SUBSTÂNCIAS PURAS

Dhayna Oliveira Sobral

Lina María Grajales

**DOI 10.22533/at.ed.88621052111**

**CAPÍTULO 12..... 127**

FICHA TÉCNICA DE PREPARO (FTP): UMA FERRAMENTA DE PADRONIZAÇÃO PARA NOVOS PRODUTOS À BASE DE PESCADO

Kátia Alessandra Mendes da Silva

Daniele Regis Pires

Amanda Lima Albuquerque Jamas

Elizete Amorim

Gesilene Mendonça de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.88621052112**

**CAPÍTULO 13..... 133**

FILMES BIOPOLIMÉRICOS COMO SUPORTE PARA NANOPARTICULAS DE PRATA: ESTUDO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Taís Port Hartz

Karina Rodrigues de Fraga

Carla Weber Scheeren

**DOI 10.22533/at.ed.88621052113**

**CAPÍTULO 14..... 138**

HIDRÓLISE DO FARELO DE SEMENTE DE JACA PARA PRODUÇÃO DE  $\beta$ -CICLODEXTRINAS POR *Bacillus* sp. SM-02

Kayo Santiago Farias Novais

Adriana Bispo Pimentel

Weclis Renan Koelher Braga

Marcia Luciana Cazetta

Elizama Aguiar-Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.88621052114**

**CAPÍTULO 15..... 153**

**IMOBILIZAÇÃO E CINÉTICA DA INVERTASE DE *Saccharomyces cerevisiae* EM AGAROSE**

Ricardo Peraça Toralles

Marcela Vega Ferreira

Walter Augusto Ruiz

**DOI 10.22533/at.ed.88621052115**

**CAPÍTULO 16..... 160**

**IRRIGADOR SOLAR: UMA ANÁLISE DO SEU DESEMPENHO SEGUNDO UMA DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA**

Lelis Araújo de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.88621052116**

**CAPÍTULO 17..... 173**

**ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DE RESÍDUOS PROVENIENTES DO SISTEMA DIGESTIVO DO PEIXE CURIMBATÁ**

Samille Henriques Pereira

Renata Carolina Zanetti Lofrano

Boutros Sarrouh

**DOI 10.22533/at.ed.88621052117**

**CAPÍTULO 18..... 185**

**LEVANTAMENTO DA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NA CULTURA DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea*.) NA COMUNIDADE DA VILA DE PACAJÁ E GUAJARÁ NO MUNICÍPIO DE CAMETÁ /PA**

André de Carvalho Gomes

Brenda Suelli Alves Gomes

David Pantoja Ribeiro

Lucas Rodrigues Pereira

Maxlene Rocha da Costa

Meirevalda do Socorro Ferreira Redig

Rafael Coelho Ribeiro

Elessandra Laura Nogueira Lopes

Antônia Benedita da Silva Bronze

Omar Machado de Vasconcelos

Marcos Augusto de Souza Gonçalves

Harleson Sidney Almeida Monteiro

Viviandra Manuelle Monteiro de Castro Trindade

Sinara de Nazaré Santana Brito

**DOI 10.22533/at.ed.88621052118**

**CAPÍTULO 19..... 194**

**NANOPARTÍCULAS ESTERIFICADAS DE FÉCULA DE MANDIOCA**

Francy Magdalena Zambrano Sarmiento Cónsole

Pamela Prodocimo Fonseca  
Manuel Salvador Vicente Plata-Oviedo  
Deusmaque Carneiro Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.88621052119**

**CAPÍTULO 20.....200**

**PATULINA E OS PROBLEMAS NA INDÚSTRIA DA MAÇÃ: UMA VISÃO GERAL**

Ingrid Duarte dos Santos

Rosana Colussi

Roger Wagner

Ionara Regina Pizzutti

Rosselei Caiel da Silva

Bruna Klein

Stephanie Reis Ribeiro

Marlos Eduardo Zorzella Fontana

**DOI 10.22533/at.ed.88621052120**

**CAPÍTULO 21.....214**

**PESQUISA DE MERCADO: EMBALAGEM DE ALIMENTOS FEITA A PARTIR DA FLOR DA BANANA E FIBRA DE COCO, REVESTIDA COM CERA DE ABELHA E ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM E ORÉGANO**

Sarah da Costa Santos

Daniel Saraiva Lopes

Júlio da Silveira Ornellas

Christyane Bisi Tonini

Fabício Barros Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.88621052121**

**CAPÍTULO 22.....219**

**ANÁLISE REOLÓGICA DO AZEITE DE BOCAIUVA (*Acrocomia aculeata*) E DO AZEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEM**

Thomas Ken Konishi

Maycon Roberto da Silva

Sueli Marie Ohata

**DOI 10.22533/at.ed.88621052122**

**CAPÍTULO 23.....234**

**SAÚDE HUMANA: É CORRETO HAVER FISCALIZAÇÃO PARA *Salmonella* spp. E NÃO HAVER PARA *Campylobacter* spp.?**

Caroline Stéfani Plank

Tháís Biasuz

**DOI 10.22533/at.ed.88621052123**

**CAPÍTULO 24.....243**

**SIMULAÇÃO DO FRACIONAMENTO DE SUBPRODUTO DO REFINO DO ÓLEO DE SOJA**

Elinéia Castro Costa

Nélio Teixeira Machado

Marilena Emmi Araujo



DOI 10.22533/at.ed.88621052124

<b>SOBRE AS ORGANIZADORAS.....</b>	<b>255</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>256</b>

## CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO E SIMULAÇÃO DE DIAGRAMA DE FASES 3D PARA SUBSTÂNCIAS PURAS

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 23/03/2021

**Dhayna Oliveira Sobral**

Universidade Federal do Tocantins  
Palmas – TO

<http://lattes.cnpq.br/3264767555878788>

**Lina María Grajales**

Universidade Federal do Tocantins  
Palmas – TO

<http://lattes.cnpq.br/3869745078999097>

**RESUMO:** A utilização de meios computacionais no ensino, para visualização dos diagramas de fases das substâncias puras é limitada a representações bidimensionais, restringindo a interpretação dos dados a duas variáveis (pressão e temperatura ou pressão e volume ou temperatura e volume). Isto dificulta o entendimento dos processos, uma vez que, por definição, a pressão pode ser determinada em função da temperatura e volume relacionando as três variáveis simultaneamente. Assim, a análise de uma superfície  $PvT$  é útil para mostrar as relações gerais entre as três fases da matéria a partir do estudo de propriedades da substância no estado de saturação, ponto crítico, dentre outras. Neste trabalho, foi construído um protótipo e feita uma simulação do diagrama tridimensional correspondente às substâncias puras, aperfeiçoando a visualização e entendimento dos processos envolvidos para futura aplicação nas disciplinas de Termodinâmica I e II. Para

isto, o protótipo foi esculpido sobre um cubo de gesso de 40cm de aresta com auxílio de um martelo e lâminas de aço. A superfície foi polida, lixada e pintada para dar os acabamentos similares aos do modelo 3D. Para a simulação da superfície  $PvT$  utilizou-se o *Microsoft Excel* como ferramenta, com suporte de dois suplementos: XSEOS e OCTOPUS, mostrando-se como alternativa viável para representação dos dados. Tanto os gráficos bidimensionais quanto as superfícies tridimensionais foram analisados. A Equação de estado de Peng-Robinson foi a que melhor representou a relação entre  $P$ ,  $v$  e  $T$  para a água pura. As análises possibilitaram o estudo do comportamento volumétrico das isotermas sendo o protótipo um auxiliar à análise integral da superfície  $PvT$  esperada.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Processos termodinâmicos, Equações de Peng-Robinson, Variáveis de Estado; Substâncias Puras, Superfície  $PvT$ .

### CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE AND SIMULATION OF 3D PHASE DIAGRAM FOR PURE SUBSTANCES

**ABSTRACT:** The use of computational means in teaching, to view the phase diagrams of pure substances is limited to two-dimensional representations, restricting the interpretation of the data to two variables (pressure and temperature or pressure and volume or temperature and volume). This makes it difficult to understand the processes, since, by definition, pressure can be determined as a function of temperature and volume by relating the three variables simultaneously. Thus, the analysis of a

*PvT* surface is useful to show the general relationships between the three phases of matter from the study of properties of the substance in the state of saturation, critical point, among others. In this work, a prototype was built and a simulation of the three-dimensional diagram corresponding to the pure substances was made, perfecting the visualization and understanding of the processes involved for future application in the disciplines of Thermodynamics I and II. For this, the prototype was sculpted on a plaster cube with a 40cm edge with the help of a hammer and steel blades. The surface was polished, sanded and painted to give finishes similar to those of the 3D model. For the simulation of the *PvT* surface, Microsoft Excel was used as a tool, with the support of two supplements: XSEOS and OCTOPUS, showing itself as a viable alternative for data representation. Both two-dimensional graphics and three-dimensional surfaces were analyzed. The Peng-Robinson equation of state was the one that best represented the relationship between *P*, *v* and *T* for pure water. The analyzes made it possible to study the volumetric behavior of the isotherms, the prototype being an aid to the integral analysis of the expected *PvT* surface.

**KEYWORDS:** Thermodynamic processes, Peng-Robinson equations, State variables, Pure Substances, *PvT* surface.

## 1 | INTRODUÇÃO

O estudo da termodinâmica vem, ao longo dos anos, se tornando cada vez mais importante para o melhor entendimento dos fenômenos ocorridos em processos de pequenas ou grandes escalas. Para a Engenharia de Alimentos, o conhecimento de como se comportam os parâmetros físico-químicos, em particular os três equilíbrios entre fases (líquido-líquido, sólido-líquido e líquido-vapor), são considerados essenciais para a compreensão das operações unitárias como destilação, extração líquido-líquido, extração sólido-líquido, calorimetria, cristalização, evaporação, entre outros, além de experimentos que relacionam propriedades de substâncias puras e de misturas (ALENCAR REIS et al., 2017). De forma genérica, a termodinâmica do equilíbrio de fases procura estabelecer relações que permitam compreender o comportamento observado quando há duas ou mais fases em contato.

Por meio da regra das fases observa-se que o estado de um gás puro depende de duas das variáveis de estado intensivas independentes (SMITH e VAN NESS, 2007). Quando três destas variáveis de estado estão relacionadas, usualmente pressão (*P*), temperatura (*T*) e volume molar (*v*), tem-se uma equação de estado (EDE). Dessa forma, uma EDE representa a expressão matemática que define a relação entre as propriedades pressão, temperatura e volume molar da substância a ser estudada. A partir dela é possível obter informações para qualquer uma das três grandezas *PvT* como função das outras duas em uma expressão do tipo  $v = f(T, P)$ .

As equações de Peng-Robinson e Soave são preferíveis em simulações e cálculos de equilíbrio uma vez que são de fácil implementação, baixo recurso computacional exigido, adequadas para sistemas binários e multicomponente e requerem somente propriedades

críticas e fator acêntrico das substâncias para serem utilizadas. Usualmente, a realização da estimativa das propriedades de uma substância por meio de uma equação de estado demanda grande quantidade de cálculos. Em função disso, estudos buscam analisar o equilíbrio líquido-vapor e comportamento volumétrico das isotermas para uma substância pura a partir de uma EDE com auxílio de um programa de computador que não demande recursos computacionais excessivos.

O *Microsoft Excel* é um programa de planilhas eletrônicas pertencente ao pacote *Microsoft Office* amplamente utilizado em diversos ramos da Engenharia. Trata-se de um *software* amplamente disponível a baixo custo com recursos e suplementos gratuitos que permitem a resolução de problemas complexos de forma simples, como é o caso do cálculo de propriedades termodinâmicas a partir das equações de estado.

## 2 | OBJETIVOS

Simular o comportamento da superfície  $PvT$  para água e construir um protótipo da superfície que representa o comportamento da maioria das substâncias puras a fim de ser aplicado nas aulas das disciplinas de Termodinâmica I e II, facilitando a visualização e entendimento dos processos termodinâmicos envolvidos.

## 3 | MATERIAL E MÉTODOS

Visando atingir o objetivo geral deste trabalho, a metodologia foi desenvolvida em duas etapas diferentes: (1) construção do protótipo, (2) modelagem e simulação da superfície  $PvT$  da água pura conforme o apresentado no fluxograma da Figura 1.

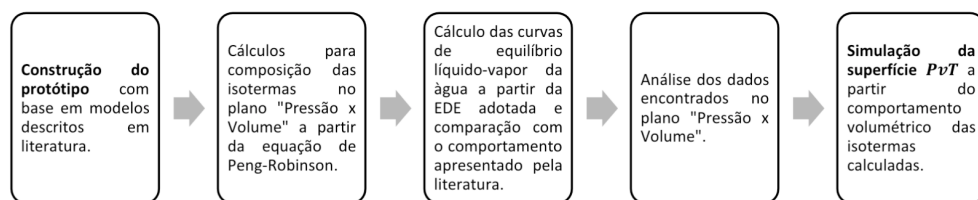


Figura 1 – Fluxograma da metodologia adotada para o estudo.

Fonte: Autor 2020.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Construção do protótipo

O contorno de superfície do protótipo construído, na Figura 2a, foi feito sem referência específica e com base no comportamento da maioria das substâncias puras

uma vez que exibem o mesmo comportamento geral. As fotografias das Figuras 2c e 2d são representações esquemáticas dos planos “Pressão x Volume” e “Pressão x Temperatura”, os quais são os mais abordados no estudo da termodinâmica. Esse protótipo será utilizado no ensino do comportamento  $PvT$  das substâncias puras quando retomadas as aulas presenciais.

De forma geral, é possível observar que a fase sólida se encontra a baixas temperaturas e ocupa menor volume em comparação as outras duas fases; requer maior temperatura para alcançar a fase líquida que é um estado intermediário; e a fase de vapor é possível ser encontrada a qualquer temperatura dependendo da pressão exercida sob o sistema. Também é possível observar as transições: sólido-líquido, sólido-vapor e líquido-vapor. Encontra-se o ponto crítico, em que a diferença de volume entre a fase líquida e vapor tende a zero, chegando a uma região de fluido em que as características de ambas as fases se confundem. Por fim, encontra-se também o ponto triplo no qual as três fases ou estados físicos da substância coexistem em equilíbrio. A Figura 2b mostra os pontos característicos identificados no diagrama.

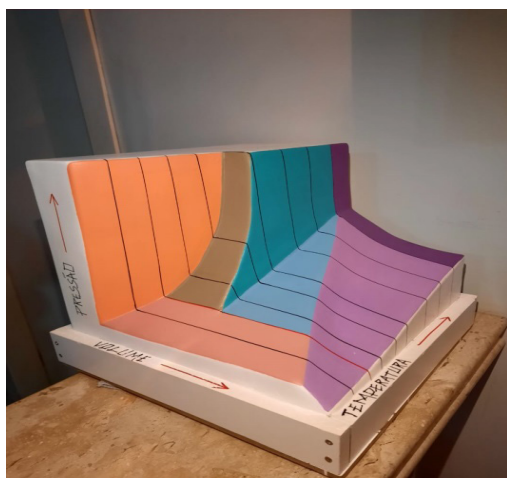


Figura 2a – Protótipo da superfície  
Fonte: Autor 2020.

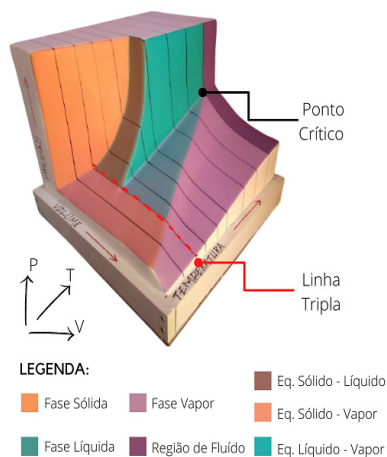


Figura 2b - Identificação das regiões características da superfície  
Fonte: Autor 2020.

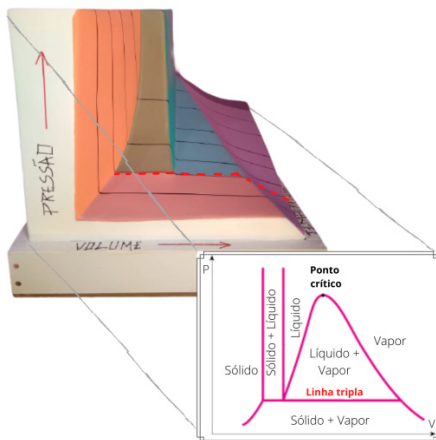


Figura 2c – Projeção do plano “Pressão x Volume”

Fonte: Autor 2020.

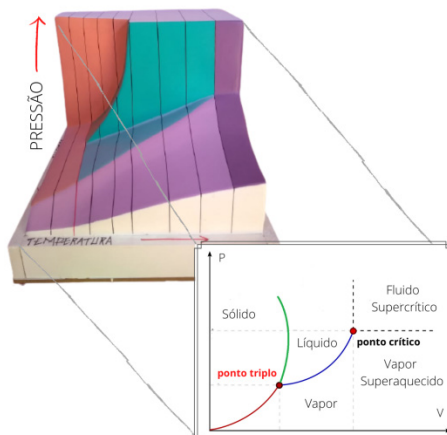


Figura 2d – Projeção do plano “Pressão x Temperatura”

Fonte: Autor 2020.

Para substâncias puras qualquer propriedade termodinâmica pode ser escrita como função de duas outras propriedades independentes, que de acordo com a Regra de Gibbs, são suficientes para conhecer o estado em que a substância se encontra. No protótipo desenvolvido fica evidente a relação como duas coordenadas obrigatoriamente determinam outra grandeza, seja ela temperatura, pressão ou volume específico. No entanto, de acordo com Angelo e Moreira (2001), a representação esquemática em 3D (desenho) não é completamente explicativa, pois, ainda trata com limitações do modo de construção em duas dimensões (gráficos), onde muitas características não são evidentes e encontram-se ocultas ou imperceptíveis. Verifica-se ainda que embora que seja utilizado o recurso da perspectiva, Angelo e Moreira (2001) relataram a presença de regiões que geram ambiguidades nas interpretações, como concavidades que não podem ser distinguidas – um exemplo é a região próxima ao ponto crítico. O modelo físico representado pelo protótipo é capaz de suprimir essas impertinências possibilitando uma clara visualização de todos os processos envolvidos. Os autores também observaram que a construção de um modelo físico é uma ferramenta didática importante no ensino da termodinâmica e concluíram que o modelo é capaz de introduzir os conceitos muito mais facilmente do que os gráficos, não se detendo nas dificuldades características deles, eliminando as dúvidas mais frequentes quando da apresentação da teoria.

## 4.2 Modelo e simulação

As equações de estado são capazes de representar o comportamento  $PvT$  de uma substância pura a partir da incorporação de parâmetros que levam em consideração desvios da idealidade. A equação de Peng-Robinson (1976) utiliza as propriedades críticas

de cada substância, ou seja, até que ponto duas fases podem coexistir sem que saia da condição de equilíbrio permitindo melhor estimativa do volume molar. Além disso, está entre as equações de estado de uso mais disseminado na indústria para simulação e modelagem termodinâmica de processos, devido a sua eficiência, simplicidade e facilidade de resolução (LEAL, 2012). Dessa forma, foi selecionada essa equação no desenvolvimento do presente estudo. O processo de construção das isotermas é demonstrado na Figura 3.

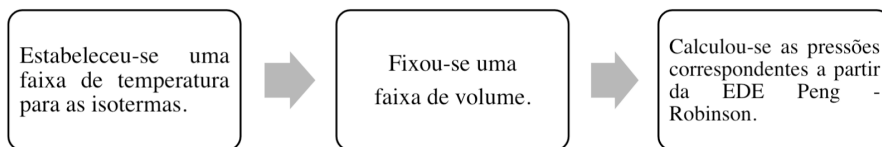
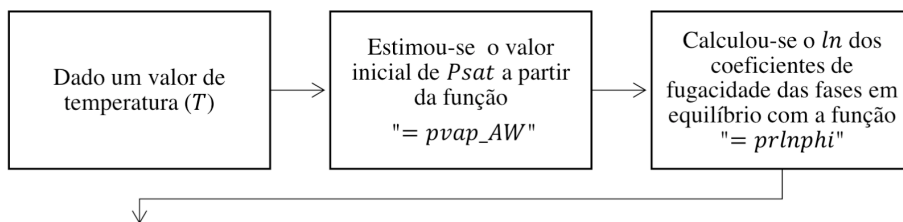


Figura 3 – Fluxograma de construção das isotermas

Fonte: Autor 2020.

Os pontos encontrados foram representados em um gráfico “Pressão x Volume” que foi devidamente ajustado para melhor visualização das informações, conforme mostrado na Figura 5. Para o cálculo dos dados do equilíbrio líquido-vapor a partir da EDE de Peng-Robinson foram utilizados os suplementos XSEOS e OCTOPUS. Foram estabelecidos 50 pontos entre a temperatura do ponto triplo (273,15 K) até o ponto crítico (647,10K). Para dar início ao cálculo estimou-se a pressão de vapor, ou pressão de equilíbrio do sistema. Essa estimativa foi realizada com auxílio do suplemento OCTOPUS, desenvolvido por EVANGELISTA et al. (2016), que possui 19 métodos disponíveis para estimativa da pressão de vapor. Para esse estudo, a partir das propriedades da água utilizou-se o método de Ambrose e Walton (1989), pois ele permite a estimativa da pressão de saturação levando em consideração apenas o fator acêntrico, pressão crítica, temperatura crítica e a temperatura do sistema. O fluxograma do processo está representado na Figura 4 a seguir:



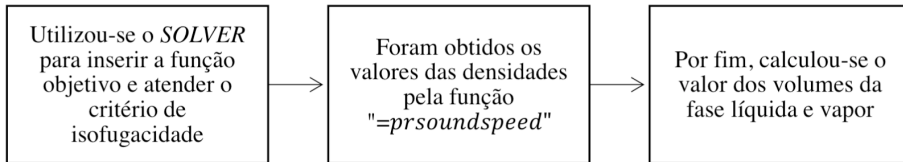


Figura 4 – Fluxograma de construção das curvas de saturação calculada

Fonte: Autor 2020.

O critério de equilíbrio líquido – vapor pressupõe uma igualdade de temperatura e pressão entre as duas fases. Sabendo-se que a fugacidade da substância é função apenas da temperatura e pressão em que ela se encontra deduz-se que o equilíbrio é equivalente à igualdade da fugacidade das fases. Analisando os coeficientes de fugacidade foram rearranjadas as equações para se assemelhar ao método introduzido no suplemento XSEOS e calcular as condições de equilíbrio do sistema. Assim sendo, o equilíbrio entre as fases sólido e líquido só existe se a relação entre o  $\ln$  dos coeficientes de fugacidade forem iguais uma vez que os dados evoluem de forma exponencial. Para garantir esse critério de isofugacidade fez-se uso da ferramenta *SOLVER* - própria do Excel para análise de dados- de modo a introduzir uma função objetivo (Equação 1) capaz de zera o módulo da diferença entre os valores calculados variando o valor da pressão de saturação estimada e encontrando um novo valor que represente a real condição de equilíbrio.

$$F_{obj} = \sum_{i=1}^N | \ln \varphi_i^L - \ln \varphi_i^V | \quad (1)$$

Posteriormente, calculou-se a densidade e o volume específico da região de líquido e vapor saturado a partir de funções do XSEOS. Evangelista *et al.* (2016) ao analisar o uso da ferramenta na resolução de problemas de equilíbrio de fases aponta que, dessa forma, apesar de ser uma ferramenta potencial, os cálculos não são efetuados de forma totalmente automática priorizando seu aspecto didático. A fim de aferir a precisão dos métodos utilizados, valores de propriedades do livro do VAN WYLEN (2013) foram utilizados. A partir dos dados calculados foram obtidas as coordenadas do ponto crítico calculadas sendo obtida pressão crítica ( $P_c$ ) equivalente a 22,055 MPa e volume crítico ( $V_c$ ) igual a 78,3956  $\text{cm}^3/\text{mol}$  para temperatura crítica ( $T_c$ ) sendo 647,10 K. Para água pura tem-se para  $T_c=647,10$  K,  $V_c=55,9546$   $\text{cm}^3/\text{mol}$  e  $P_c=22,064$  Mpa. A vista disso é possível perceber que houve um pequeno desvio entre os valores do volume crítico decorrente de diferenças nos valores das propriedades termofísicas utilizadas para o cálculo. É válido ressaltar que



o presente estudo se trata de uma análise não quantitativa e os valores da literatura são adotados apenas como referência ao comportamento que, para o caso, apresentaram comportamentos similares.

Todos os valores das propriedades obtidos foram igualmente relacionados no plano “Pressão x Volume” como demonstra a Figura 5.

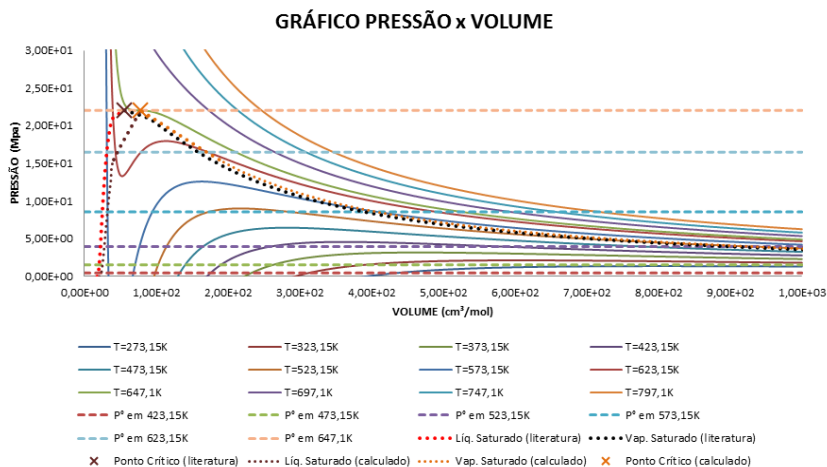


Figura 5 – Representação dos dados no plano “Pressão x Volume”

Fonte: Autor 2020.

No plano representado, foram traçadas também linhas de pressão de saturação uma vez que a condição de equilíbrio estabelece que a mudança de fase ocorre à temperatura e pressão constantes. Assim sendo, ainda que uma isoterma subcrítica forneça três valores de raízes oriundos da equação cúbica, o valor intermediário não apresenta significado físico. Santos (2019) em um estudo da determinação da pressão de vapor de espécies químicas utilizadas na indústria de alimentos a partir do uso do Excel descreveu que para isothermas supercríticas ( $T > T_c$ ) são obtidos apenas um valor de volume correspondente a cada pressão. Já para isothermas críticas ( $T = T_c$ ) a equação cúbica obtém três raízes reais e idênticas. O mesmo comportamento descrito pode ser observado na Figura 5.

Baseado no comportamento volumétrico das isothermas traçadas a partir da EDE de Peng Robinson buscou-se simular a superfície  $PvT$  da água pura dada às condições de equilíbrio líquido - vapor respeitando as limitações apresentadas pelo modelo matemático. Para tal, utilizou-se o Excel para manipulação dos dados. Devido à complexidade da construção da superfície tridimensional que seja fiel ao modelo representado na Figura 2a, neste trabalho apenas foram analisadas as fases líquida e vapor das substâncias (bem como a região de saturação), não interessando o estado sólido e as regiões de equilíbrio

sólido-líquido e sólido-vapor envolvido. A superfície obtida é representada na Figura 6 com as devidas configurações dos eixos para melhor visualização.

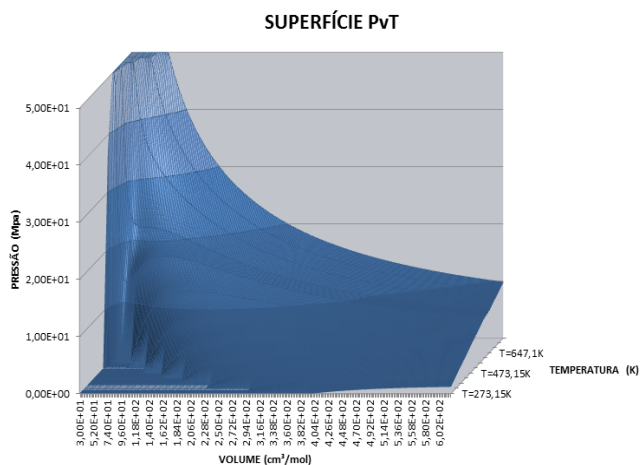


Figura 6 – Simulação da superfície a partir do equilíbrio líquido - vapor

Fonte: Autor 2020.

TARDOLI (2013) afirma que a maioria das equações geralmente representa bem os trechos da superfície  $PvT$  para substâncias de fórmula molecular semelhante. Assim sendo, por meio da superfície representada com base nos dados apontados nesse estudo abrange bem as regiões de líquido e vapor.

## 5 I CONCLUSÃO

O estudo do diagrama de fases e o entendimento dos processos envolvidos são de suma importância para a compreensão de operações com sistemas mais complexos. O protótipo desenvolvido facilita a compreensão dos fenômenos em condições ideais e consequente assimilação dos conteúdos previstos na ementa do curso de Termodinâmica I e II.

O *Software Excel* da *Microsoft* se mostrou como uma ferramenta adequada ao estudo proposto, permitindo boa análise de gráficos bidimensionais, além de possuir recurso para visualização de superfícies tridimensionais. Os suplementos de *Excel* utilizados facilitaram os cálculos da região de equilíbrio líquido-vapor priorizando o aspecto didático.

A equação de Peng-Robinson foi a que melhor se ajustou ao modelo proposto. A análise de uma superfície  $PvT$  é útil para mostrar as relações gerais entre as variáveis de estado a partir do estudo do estado de saturação e ponto crítico da substância.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR REIS, A. R. et al. **Estudo experimental dos equilíbrios entre fases com aplicação computacional para o ensino de termodinâmica para engenharia**. 4. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, 2017. 12 p.

ANGELO, Edvaldo; MOREIRA, José Roberto Simões. **Utilização de uma superfície termodinâmica Pressão – Volume específico – Temperatura no ensino da termodinâmica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXIX, 2001, Porto Alegre – RS.

EVANGELISTA, Nathan Sombra. **Termodinâmica: o uso da ferramenta XSEOS na resolução de problemas de equilíbrio de fases**. Ceará, 2016. 48 p.

LEAL, Denise dos Santos. **Avaliação de equações de estado no cálculo de propriedades do dióxido de carbono úteis ao estudo do seu escoamento**. 280 f, Cap 2 . Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, UFBA – Salvador, 2012.

SANTOS, Elyson José Neves dos. **Determinação da pressão de vapor de espécies químicas utilizadas na indústria de alimentos utilizando a plataforma EXCEL**. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns - PE, 2019.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. **Introdução à termodinâmica da engenharia química**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltd, 2007. 626 p.

PLIEGO JR., Josefredo R. **Construção da curva de equilíbrio líquido-vapor usando uma equação de estado cúbica: uso do EXCEL no ensino de físico-química**. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 39, n. 5, p. 641-645, Junho 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160038>.

TARDIOLI, Paulo Waldir. **Termodinâmica para engenharia: um curso introdutório**. São Carlos - SP: Departamento de Produção Gráfica – UFSCAR, 2013. 215 p.

WYLEN, G.V., SONNTAG, R. & BORGNACKE, C. **Fundamentos da termodinâmica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 8ª Edição – 2013.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alimento(s) 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 39, 42, 43, 47, 48, 49, 51, 52, 57, 59, 60, 63, 64, 70, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 84, 92, 95, 96, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 116, 118, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 137, 139, 153, 159, 191, 194, 198, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 213, 214, 216, 218, 220, 231, 232, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 253, 255

Amiloglucosidase 138, 140, 141, 144, 146, 147

Antioxidante 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94

APPCC 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Atividade Antimicrobiana 133, 134, 136, 137

### B

*Bacillus* 138, 139, 140, 142, 148, 149, 150, 151

Biologia Molecular 19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 84, 180

### C

Carga de Suporte 153

Carne Bovina 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 237

Carne Mecanicamente Separada 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116

Castanhas 75, 81

*Checklist* 95, 96, 97, 98, 99, 101

Ciclomaltodextrina Glicanotransferase 138, 139, 142

Coliformes 95, 97, 98, 99, 100, 101, 106, 107

Conscientização 42, 216

Consumo 1, 3, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 48, 58, 59, 74, 75, 76, 79, 81, 82, 85, 92, 96, 110, 114, 128, 131, 170, 173, 174, 206, 207, 209, 215, 218, 236, 237

COVID-19 74, 75, 81, 82

### F

Filmes Biopoliméricos 133, 134, 135, 136, 137

Frango 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 115, 116, 236, 238, 240

### G

Gestão 2, 7, 8, 42, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 107, 132, 208

## I

Inquéritos 10

Instrução Normativa 4 110

*Invertase* 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159

## L

Laboratório 36, 97, 127, 133, 142, 153, 207, 243

Leite UAT 19, 22, 32

Líquido lônico 133, 134

*Listeria* 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 40, 41, 113

## M

Mapa 2, 3, 4, 6, 108, 110, 111, 191, 202

Microbiologia 19, 22, 27, 32, 34, 36, 108, 112, 116, 149, 183

Motivação 42, 43, 51

## N

Nanopartículas de Ag 133, 135

Nozes 75, 81, 82

## P

Pasta Vegetal 75

Patógeno Alimentar 35

Peixe 17, 127, 130, 131, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182

Percepção Social 10

Planejamento Experimental 138, 140

Plantas Condimentares 35

## Q

Questionários 9, 10, 12, 13

## R

Rotulagem Nutricional 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83

## S

*Saccharomyces cerevisiae* 153, 154, 159

*Salmonella* 29, 31, 32, 33, 41, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 107, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 180, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242

Segurança 1, 8, 18, 82

Segurança Alimentar 18, 35, 36, 47, 48, 82, 96, 115, 201, 203, 209

## T

Tecnologia 9, 42, 51, 74, 92, 115, 116, 127, 128, 132, 153, 159, 160, 172, 194, 198, 200, 208, 231, 232, 243, 244, 255

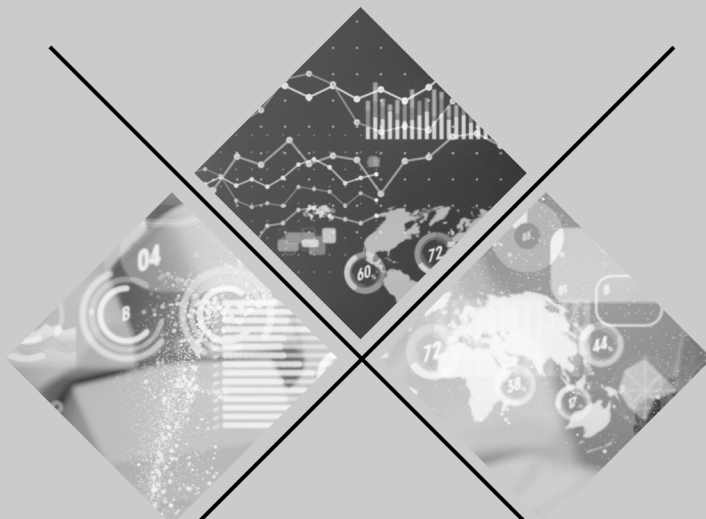
## U





Uva Híbrida 84, 88, 89

## V

*Vitis vinífera* 92





# Investigação Científica no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos 3



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Investigação Científica no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos 3



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)