

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

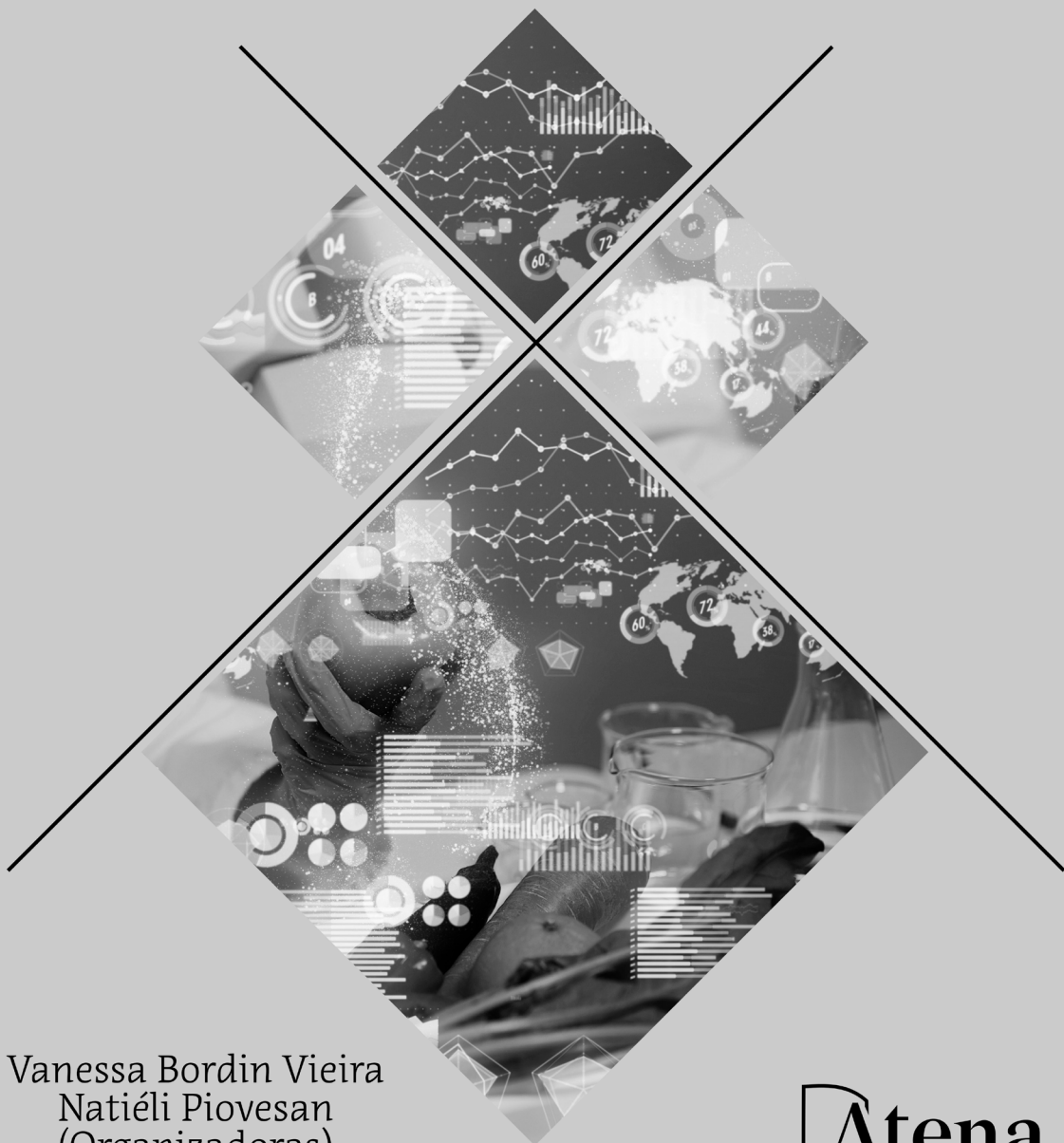


Vanessa Bordin Vieira
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

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
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 β -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

SOBRE AS ORGANIZADORAS.....	255
ÍNDICE REMISSIVO.....	256

SIMULAÇÃO DO FRACIONAMENTO DE SUBPRODUTO DO REFINO DO ÓLEO DE SOJA

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 26/03/2021

Elinéia Castro Costa

Universidade do Estado do Amapá (UEAP),
Colegiado de Engenharia Química (COENQUI)
Macapá - Amapá
<http://lattes.cnpq.br/9685402675283869>

Nélio Teixeira Machado

Universidade Federal do Pará (UFPA),
Instituto de Tecnologia (ITEC), Laboratório de
Processos de Separação e Termodinâmica
Aplicada (TERMA) Belém - Pará
<http://lattes.cnpq.br/5698208558551065>

Marilena Emmi Araujo

Universidade Federal do Pará (UFPA),
Instituto de Tecnologia (ITEC), Laboratório de
Processos de Separação e Termodinâmica
Aplicada (TERMA) Belém - Pará
<http://lattes.cnpq.br/8983914018546682>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi aplicar o simulador Aspen Hysys 8.6 para descrever o processo de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) em colunas em contracorrente em múltiplos estágios, utilizando CO₂ supercrítico como solvente, com condições operacionais a 70°C, a pressões de 260 e 350 bar, e S/F de 3 e 32. A composição do DDOS foi baseada em dados da literatura consistindo do sistema complexo: ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico, α -tocoferol, esqualeno e estigmasterol. As propriedades

termodinâmicas de cada um dos compostos foram preditas empregando métodos de contribuição de grupos. Foi utilizada a equação de Soave-Redlich-Kwong para descrever as condições de equilíbrio de fases. O fluxograma do processo consiste de uma coluna de multiestágios, que representa o extrator supercrítico, e quatro tanques flash, para a separação do CO₂ dos produtos de topo e fundo e para a separação da corrente de subprodutos. Foram utilizados os seguintes dispositivos auxiliares: válvulas de expansão, trocadores de calor e compressores relacionados ao reciclo do CO₂. Os resultados das simulações indicam a possibilidade de obtenção de extratos com diferentes teores de constituintes de produtos naturais de alto valor agregado. Dentre os resultados destaca-se a simulação com uma coluna com 10 estágios a 350 bar e S/F=3, com um produto de topo após a separação flash do CO₂ contendo o maior teor de ácido linoleico 78,39%, acompanhado de 9,8% de ácido oleico, 2% de α -tocoferol, 3,4% de esqualeno e com baixos teores de estigmasterol, 0,5%.

PALAVRAS-CHAVE: Soja, DDOS, fracionamento, simulação, CO₂ supercrítico

SIMULATION OF SOYBEAN OIL REFINING BY-PRODUCT FRACTIONATION

ABSTRACT: The purpose of this work was to apply the simulator Aspen Hysys 8.6 to describe the fractionation of soybean oil deodorizer distillates (SODD) in multistage countercurrent columns using supercritical CO₂ as solvent at 70°C and 260 e 350 bar, and S/F=3, 32.

The composition of DDOS was based on data from the literature consisting of the complex system: palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, α -tocopherol, squalene and stigmaterol. The thermophysical properties of each of the compounds were predicted using group contribution methods. The Soave-Redlich-Kwong equation was used to describe the phase equilibrium conditions. The process flowchart consists of a multistage column, which represents the supercritical extractor, and four flash tanks, for the separation of CO_2 from the top and bottom products and for the separation of the by-product stream. The following auxiliary devices were used: expansion valves, heat exchangers and compressors related to CO_2 recycling. The results of the simulations indicate the possibility of obtaining extracts with different levels of constituents of natural products with high added value. Among the results, we highlight the simulation with a 10 stages column at 350 bar and S/F=3, with a top product after the flash separation of CO_2 containing the highest content of linoleic acid 78.39%, accompanied by 9.8% of oleic acid, 2% α -tocopherol, 3.4% squalene and with low levels of stigmaterol, 0.5%. **KEYWORDS:** Soybean, SODD, fractionation, simulation, supercritical CO_2 .

1 | INTRODUÇÃO

A desacidificação e a desodorização são importantes etapas do processo de refino físico de óleos vegetais. O processo de desodorização industrial aplica o esgotamento com vapor do óleo vegetal produzindo um subproduto no topo da coluna de destilação com alto valor agregado, denominado destilado da desodorização (DD). Os DD são constituídos predominantemente de ácidos graxos livres, tocoferóis, esteróis e esqualeno. Nestes processos a temperatura do sistema chega em torno de 200°C a pressões de 3 mbar.

A separação com fluidos supercríticos são um grupo de processos de separação o qual aplica um fluido no estado supercrítico como agente de separação da mesma forma que outros processos de separação, como a extração líquido-líquido ou absorção. No processo de separação em contracorrente, o composto ou componente se distribui entre o solvente (fase extrato) e o líquido (fase refinado), onde flui em contracorrente através do equipamento de separação. Dentre as vantagens da operação em contracorrente para uma separação estão: a redução da quantidade de solvente necessária e possibilidade da obtenção de altas concentrações de extrato no solvente e baixa concentração residual no refinado, em comparação com o processo em um único estágio (Brunner, 2009; Brunner e Machado, 2012).

A tecnologia supercrítica, empregando CO_2 como solvente, em colunas de multiestágios em contracorrente, apresenta-se como um processo de separação importante para o fracionamento de destilados da desodorização, evitando a degradação dos compostos termosensíveis, onde a temperatura do processo de fracionamento é definida pela temperatura crítica do solvente, que para o CO_2 é de 31°C, assim a altas pressões e temperatura em torno de 65°C ocorre o fracionamento (Brunner, 2009).

Os simuladores de processos comerciais, como o Aspen Hysys, apresentam-se como a opção, para estudos de viabilidade econômica destes processos, pois podem

reproduzir os processos industriais baseados nos modelos rigorosos de transferência de massa e de equilíbrio de fases que descrevem os diversos equipamentos relacionados aos processos de separação, contribuindo para diminuir o número de medidas experimentais em plantas piloto, que são de custo elevado.

O processo de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de palma (DDOP ou PFAD) foi investigado por Brunner e Machado (2012) em uma coluna empacotada (17,5 mm de diâmetro e 7000 mm de altura) em contracorrente, empregando CO₂ supercrítico como solvente, a pressões entre 260 e 290 bar e temperatura de 373 K. A análise da separação foi baseada nos dados experimentais de equilíbrio de fases (seletividade) e de hidrodinâmica (densidade das fases coexistentes líquido-gas e capacidade hidráulica da coluna) a fim otimizar os parâmetros para as melhores condições de operação da coluna. Os dados do processo, razão solvente/alimentação (S/F), razão de refluxo e composição das correntes de alimentação e produtos assim como os dados de equilíbrio do sistema multicomponente (ácidos palmítico, oleico, linoleico e α -tocoferol) foram utilizados para o cálculo do número de estágios. Os resultados mostraram que o ácido palmítico foi enriquecido do teor inicial de 52,51% na alimentação para 74,39% no extrato, enquanto os ácidos oleico+linoleico foram enriquecidos de 46,27% na alimentação para 59,0% no refinado, demonstrando que a extração supercrítica em contracorrente, usando CO₂ como solvente, é viável para o fracionamento e enriquecimento de ácidos graxos do PFAD.

O CO₂ supercrítico foi aplicado por Fornari et al. (2008) para fracionar o óleo de oliva, o destilado da desodorização do óleo de girassol, e um subproduto obtido após destilação, esterificação e transesterificação do destilado da desodorização do óleo de oliva visando investigar o comportamento de alguns parâmetros como a desacidificação e a recuperação de compostos presentes em menores porcentagens (esqualeno, tocoferóis e fitosteróis). Foi empregada uma coluna empacotada com altura de 3000 mm, construída em aço inoxidável, preenchida com anéis Fenske. Para o processo de desacidificação, as extrações foram realizadas na temperatura de 40°C, pressões de 180, 234 e 250 bar e razão mássica solvente/alimentação (S/F) igual a 20. Dentre os resultados obtidos destaca-se a produção de um refinado com uma alta concentração de esqualeno a partir do destilado esterificado da desodorização do óleo de oliva, chegando a 90% em massa. Estes processos foram simulados pelos autores utilizando um programa computacional acadêmico desenvolvido em FORTRAN. O programa utiliza como pacote termodinâmico, para descrever o equilíbrio de fases, o modelo (equação de estado) preditivo de contribuição de grupos CG-EOS. Segundo os autores, as simulações reproduziram o comportamento dos experimentos em coluna em contracorrentes para os diferentes sistemas (Fornari et al., 2008; Vázquez et al., 2009).

Este trabalho teve como objetivo descrever uma metodologia para o projeto do processo de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) em colunas em contracorrente em múltiplos estágios, utilizando CO₂ supercrítico como

solvente, empregando o simulador Aspen Hysys (ASPEN ONE, 2006) com condições operacionais iniciais entre 200 e 300 bar e 70°C, a fim de determinar parâmetros importantes para a otimização do processo, dentre eles razão mássica solvente/alimentação (S/F) nas condições operacionais, composição dos produtos, perfil de concentração, temperatura e pressão ao longo da coluna e fator de separação.

2 | MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O projeto de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS), empregando o CO₂ como solvente, simulado neste trabalho, está baseado na composição do DDOS e nas condições utilizadas por Araujo et al. (2001), para a simulação termodinâmica da separação em um único estágio, através da predição do coeficiente de distribuição ($K_i = y_i/x_i$) da mistura multicomponente, definindo quais os componentes possuem maior ou menor tendência de se enriquecer na fase vapor ou líquida. Quando $K_i > 1$, o componente é enriquecido preferencialmente no extrato e para $K_i < 1$ no refinado (Machado, 1998). Os autores utilizaram para a simulação da separação, a predição do equilíbrio de fases do sistema multicomponente DDOS/CO₂, empregando a equação de estado de Peng-Robinson, com as regras de mistura de van der Waals com dois parâmetros de interação binária. A matriz de parâmetros de interação, necessárias para a predição do equilíbrio de fases do sistema multicomponente, foi obtida a partir do ajuste de dados experimentais da literatura de equilíbrio dos subsistemas binários entre os constituintes do DDOS e o CO₂, empregando o programa EDEFASH (Araujo, 1997; Araújo e Meireles, 2001). Foi utilizada a composição de um DDOS produzido no Brasil e, as condições operacionais (P, T) para a análise da separação foram definidas considerando as medidas experimentais de equilíbrio de fases do sistema DDOS/CO₂ publicados por Stold e Brunner (1998).

As condições operacionais iniciais utilizadas nas simulações do fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS), desenvolvidos neste trabalho e a composição da alimentação estão apresentadas na Tabela 1.

A elaboração de um fluxograma de processo utilizando o simulador Aspen Hysys (ASPEN ONE, 2006) segue de maneira geral as seguintes etapas: seleção das substâncias que representam a alimentação na base de dados do simulador ou cadastro das substâncias através da fórmula molecular, massa molar, densidade e de suas propriedades termofísicas, utilizando a opção “componentes hipotéticos”; seleção do pacote termodinâmico para calcular as propriedades de mistura (densidade das fases, entalpias) e o equilíbrio de fases do sistema multicomponente nas diferentes correntes; seleção dos equipamentos para representar a operação unitária; seleção dos dispositivos auxiliares (compressores, trocadores de calor, etc.) e, especificações das condições operacionais e composição das correntes de alimentação.

O pacote termodinâmico selecionado para calcular o equilíbrio das fases coexistentes e de outras propriedades de mistura, do sistema multicomponente DDOS/CO₂ supercrítico, nas diferentes etapas do processo simulado neste trabalho, foi a equação de estado Soave-Redlich-Kwong com as regras de mistura Redlich-Kwong-Aspen, com dois parâmetros de interação binária K_{ij} e I_{ij} (independentes da temperatura), através da opção de interface do simulador Aspen Hysys com o programa Aspen Properties, pertencente também ao pacote ASPEN ONE 2006.

O simulador Aspen Hysys não possui uma base de parâmetros de interação binária para as equações de estado, dos sistemas binários envolvendo constituintes de óleos vegetais com dióxido de carbono. Assim, visando estabelecer uma base de dados de parâmetros de interação binária entre diversos componentes dos óleos vegetais e seus subprodutos em CO₂, dados experimentais de equilíbrio entre a fase líquida e a fase gasosa dos sistemas binários foram correlacionados previamente, empregando com as equações de Soave-Redlich-Kwong (SRK) e de Peng-Robinson (PR) combinadas com diferentes regras de mistura (Vargens, 2011). Na Tabela 2 são apresentados os valores das propriedades termofísicas dos compostos puros e os parâmetros de interação binária utilizados neste trabalho.

Simulações 1 e 2		Simulações 3 e 4	
Alimentação (F)=100 kg/h P= 260 bar T= 70°C Composição ac. oleico= 14,67% ac. linoleico= 36,43% ac. palmítico= 17,36% a-tocoferol= 8,95% esqualeno= 4,63% estigmaterol= 17,96%	S/F=3 S/F=32 Número de estágios = 10	Alimentação (F)=100 kg/h P= 350 bar T= 70°C Composição ac. oleico= 14,67% ac. linoleico= 36,43% ac. palmítico= 17,36% a-tocoferol= 8,95% esqualeno= 4,63% estigmaterol= 17,96%	S/F=3 S/F=32 Número de Estágios = 10

Tabela 1 - Condições operacionais iniciais das simulações

Substância	M (g/mol)	T _b (K)	T _c (K)	P _c (bar)	ω (-)	K_{ij}	I_{ij}
Ácido Oleico	282,47	632,05	796,34 ^a	12,42 ^a	0,9245 ^d	0,10445	0,03994
Acido Linoleico	280,45	627,05	796,03 ^a	12,40 ^a	0,7767 ^d	0,05612	0,01452
Ácido Palmítico	256,43	624,15	780,38 ^a	14,67 ^b	1,0104 ^c	0,14990	0,04700
a-tocoferol	430,69	725,25	897,04 ^a	8,20 ^a	1,368 ^e	0,10658	0,05496
Estigmaterol	412,00	665,05	848,84 ^a	9,21 ^a	1,0549 ^e	0,23402	0,00522
Esqualeno	410,73	674,35	838,06 ^a	6,53 ^a	1,3985 ^e	0,07276	0,10706

Tabela 2 - Propriedades termofísicas dos componentes puros e parâmetros de interação

Os fluxogramas do processo de fracionamento de correntes líquidas em colunas em contracorrente, empregando o dióxido de carbono como solvente, foram implantados no Aspen Hysys selecionando o equipamento denominado “Absorvedor”, ou seja, uma coluna de absorção para representar a coluna em contracorrente. O procedimento de cálculo dos balanços de massa e energia dos simuladores de processo para todas as operações unitárias, é o método rigoroso conhecido como MESH:

- **M** equações – balanço **M**aterial para cada componente (**C** equações para cada estágio)
- **E** equações – relação de **E**quilíbrio para cada componente baseado nos k_f =coeficiente de distribuição (C equações para cada estágio)
- **S** equações – **S**oma das frações molares (uma para cada estágio)
- **H** equações – balanço de energia (**H**=entalpia) (uma para cada estágio)

O projeto do processo completo consiste de uma coluna de absorção de multiestágios em contracorrente com 10 estágios, que representa o extrator supercrítico, e quatro vasos flash, para a separação do CO₂ dos produtos de topo (extrato) e fundo (refinado) e para a separação de correntes de subprodutos do CO₂. Foram utilizados os seguintes dispositivos auxiliares: válvulas de expansão, trocadores de calor e compressores para as etapas relacionadas ao reciclo do CO₂. O fluxograma do processo implantado no Aspen Hysys está apresentado na Figura 1.

Foram utilizados para interpretação dos resultados das simulações, os parâmetros de processo (em base livre de CO₂) descritos na literatura, para interpretação de experimentos em colunas em contracorrente de múltiplos estágios, empregando dióxido de carbono supercrítico como solvente, descritos a seguir:

Teor de óleo solubilizado no solvente (*vapour phase loading*):

$$VPL = \frac{F - R}{Solvente(S)} 1000$$

F= fluxo de alimentação (g/h)

R= fluxo de refinado (g/h)

S= fluxo de solvente (make up+reciclo) (g/h)

Fator de separação:

$$\alpha(\%) = \frac{\frac{\text{massa do comp. extrato}(E)}{\text{massa do comp}(F)}}{\frac{\text{massa dos outros comp}(E)}{\text{massa dos outros comp}(F)}}$$

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

A configuração do fluxograma obtido para descrever o processo de fracionamento do DDOS empregando CO_2 supercrítico como solvente, para as diferentes condições operacionais descritas na Tabela 1, está apresentada na Figura 1. Foi incluído no fluxograma o processo de separação do solvente (CO_2) por depressurização das correntes de extrato e refinado empregando um conjunto de vasos flash. Na etapa de reciclo de solvente foi necessária a implantação de duas configurações a fim de obter uma maior recuperação do dióxido de carbono, denominadas Planta com reciclo A e Planta com reciclo B (Figuras 2 e 3).

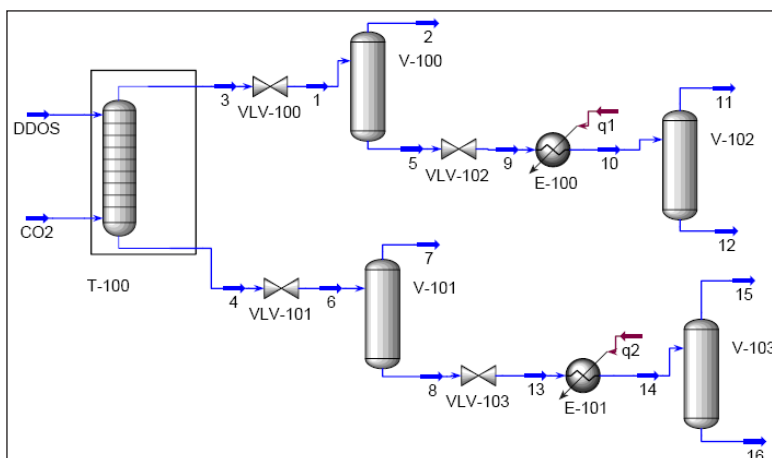


Figura 1 - Fluxograma do processo de fracionamento do DDOS para as simulações 1 a 4

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da simulação 4 para a relação $S/F=3$, do processo de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) em coluna contracorrente, empregando o Aspen Hysys. Foram realizadas simulações para outras relações S/F (5, 8, 10, 20) as quais não apresentaram diferenças significativas dos resultados apresentados neste trabalho.

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentados os resultados da etapa de separação do solvente (CO_2), para a simulação 4, com as plantas com reciclo de CO_2 A e B. Estas tabelas foram utilizadas na determinação dos parâmetros para a análise das simulações (em base livre de CO_2), conforme equações apresentadas no item 3.

Na Tabela 6 estão apresentadas as condições operacionais e as relações S/F utilizadas, como também os resultados dos balanços de massa e os parâmetros utilizados para a interpretação do processo de separação, para todas as simulações.

As simulações do processo de fracionamento do DDOS empregando CO_2 supercrítico, em uma coluna de 10 estágios sugerem que os ácidos graxos e o esqualeno

apresentam a tendência de se deslocar para fase leve (extrato) e que os compostos tocoferol e estigmasterol para fase pesada (refinado). Estes resultados estão de acordo com os valores experimentais do coeficiente de distribuição obtidos por Stold e Brunner (1998), utilizando diferentes composições para o DDOS (TS1 e TS2) e também reproduzido através das simulações termodinâmicas desenvolvidas por Araújo et al. (2001), para a mesma composição do DDOS utilizada neste trabalho (TCRR), ou seja, para o esqualeno houve o aumento da tendência de se deslocar para a fase vapor com o aumento da pressão e que os componentes pesados α -tocoferol e estigmasterol permaneceram na fase líquida para toda a faixa de pressão enquanto que os ácidos graxos com valores de coeficiente de distribuição próximo de 1, aumentando levemente com o incremento da pressão e que o ácido linoleico possui a maior tendência de se deslocar para a fase vapor.

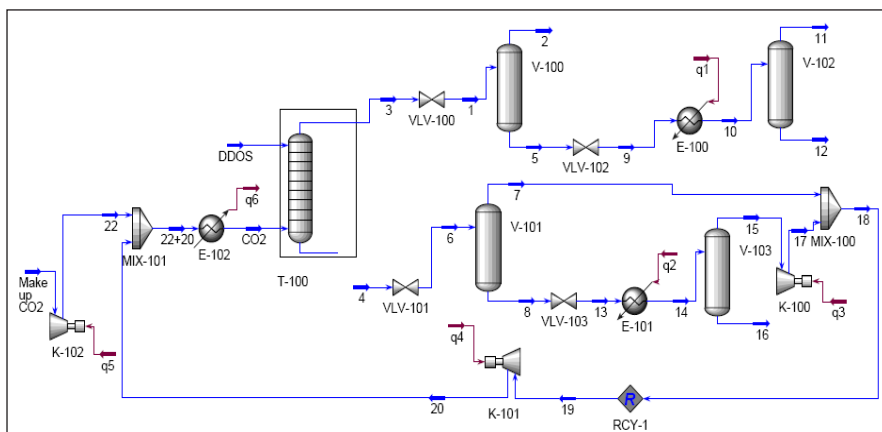


Figura 2 - Fluxograma do processo de fracionamento do DDOS (com reciclo de CO₂) para as simulações 1 a 4 (PLANTA com reciclo A)

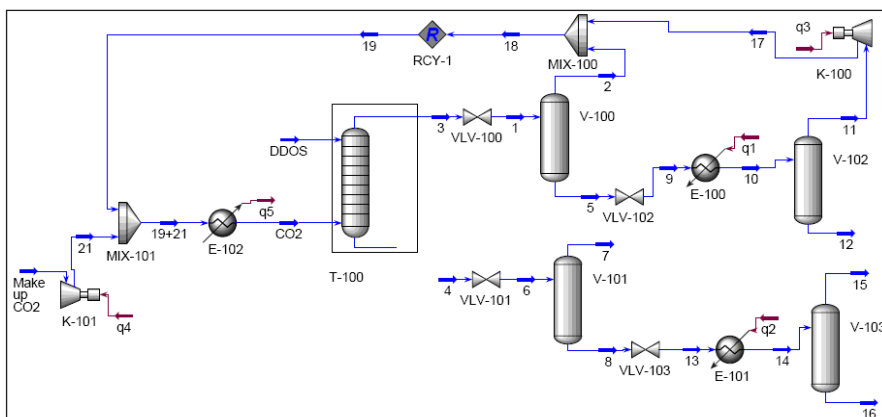


Figura 3 - Fluxograma do processo de fracionamento do DDOS (com reciclo de CO₂) para a simulação 4 (PLANTA com reciclo B)

As simulações do fracionamento do DDOS com o Aspen Hysys, para as condições de pressão, temperatura, composição, relação S/F e número de estágios (10) produziram correntes de saída (misturas) com composições bem diferentes, com destaque para as simulações 2 e 4. A 350 bar e S/F=3 a simulação 4 (planta com reciclo A) conduziu aos seguintes resultados: de 100 kg de alimentação foi obtido 9,37 kg com 78,39% de ácido linoleico, acompanhado de 9,8% de ácido oleico, 2% de a-tocoferol, 3,4% de esqualeno e somente 0,5% de estigmasterol. Os resultados da simulação 2 a 260 bar e S/F=3 apresentaram uma corrente de 1,76 kg de ácido linoleico a 68,5%, acompanhado de 11% de ácido oleico, 11% de ácido palmítico, 2% de a-tocoferol, 4,4% de esqualeno e 2,4% de estigmasterol.

Extrator SC					
	Correntes de Alimentação		Correntes de Produtos		
	DDOS	CO₂		Extrato (3)	Rafinado (4)
T(°C)	70	70	T(°C)	67,83	62,06
P(kPa)	35000	35000	P(kPa)	35000	35000
Vazão (kg/h)	100	300	Vazão (kg/h)	253,2	146,8
Substância (fração mássica)			Substância (fração mássica)		
CO ₂	0,0	1,00	CO ₂	0,95297	0,40006
Ac. Oleico	0,1467	0,0	Ac. Oleico	0,00460	0,09197
Ac. Linoleico	0,3643	0,0	Ac. Linoleico	0,03686	0,18453
Ac. Palmítico	0,1736	0,0	Ac. Palmítico	0,00278	0,11344
a-Tocoferol	0,0895	0,0	a-Tocoferol	0,00095	0,05930
Esqualeno	0,0463	0,0	Esqualeno	0,00159	0,02878
Estigmasterol	0,1796	0,0	Estigmasterol	0,00023	0,12191

Tabela 3 – Fracionamento do DDOS (simulação 4)

Vaso FLASH (V-102)				
	Corrente (10)		Corrente (11) (12)	
	T (°C)	60	T (°C)	60
P(kPa)	150	P (kPa)	150	150
Vazão (kg/h)	147,8	Vazão (kg/h)	135,8	11,95
Substância (fração mássica)				
		CO ₂	1,0	0,00411
		Ác.Oleico	0,0	0,09748
		Ac. Linoleico	0,0	0,78068
		Ác. Palmítico	0,0	0,05880

a-Tocoferol	0,0	0,02022
Esqualeno	0,0	0,03381
Estigmasterol	0,0	0,00489

Tabela 4 – Recuperação do CO₂ para a simulação 4 (planta com reciclo A)

Vaso FLASH (V-103)				
Corrente (14)		Corrente (15) (16)		
T (°C)	60	T (°C)	60	60
P(kPa)	150	P (kPa)	150	150
Vazão (kg/h)	101,8	Vazão (kg/h)	13,38	88,42
Substância (fração mássica)				
		CO ₂	1,0	0,00368
		Ác.Oleico	0,0	0,15273
		Ac. Linoleico	0,0	0,30646
		Ác. Palmítico	0,0	0,18838
		a-Tocoferol	0,0	0,09849
		Esqualeno	0,0	0,04779

Tabela 5 - Recuperação do CO₂ para a simulação 4 (planta com reciclo B)

Fluxo (kg/h)	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
P (bar)	260	260	350	350
T (°C)	70	70	70	70
Alimentação (F)	100	100	100	100
Solvente (S)	3200	300	3200	300
Produto de Topo (E)	423,1	39,85	132,3	253,2
Produto de Fundo (R)	2877	360,2	3168	146,8
E* (base livre)	23,1	2,576	2,863	11,95
R* (base livre)	77,27	97,80	97,50	88,42
E(%) (ac. Linoléico)	47,90	68,49	40,44	78,39
Estigmasterol no Refinado (%)	19,52	18,37	17,59	17,97
Ac. linoleico no Extrato* (kg/h)	11,06	1,76	1,16	9,37
Estigmasterol no Refinado* (kg/h)	14,19	18,37	17,59	17,97
Fator de separação (ac. Linoleico)	1,604	3,79	1,19	6,34
VPL (g de DDOS/kg CO ₂)	7,19	8,55	0,90	39,36

*base livre de solvente

Tabela 6 - Parâmetros do Processo de Fracionamento do DDOS

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho estudou-se o processo de fracionamento do destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) com o simulador de processos Aspen Hysys, empregando o procedimento rigoroso MESH para o cálculo dos balanços de massa e energia. A equação de estado SRK com as regras de mistura Redlich-Kwong-Aspen, com dois parâmetros de interação binária, foi utilizada como o pacote termodinâmico para o cálculo do equilíbrio de fases a altas pressões e quase todas as propriedades necessárias para o balanço de energia.

Os resultados das simulações estão de acordo com os valores experimentais do coeficiente de distribuição obtidos por Stold e Brunner (1998), utilizando diferentes composições para o DDOS (TS1 e TS2) os quais foram reproduzidos através das simulações termodinâmicas desenvolvidas por Araújo et al. (2001), para a mesma composição do DDOS utilizada neste trabalho (TCRR).

A metodologia aplicada neste trabalho, empregando o simulador Aspen Hysys, para o processo de fracionamento do DDOS apresentou resultados que indicam a possibilidade de obtenção de extratos com diferentes teores de constituintes de produtos naturais de alto valor agregado necessário para diferentes aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. E. **Estudo do Equilíbrio de Fases para Sistemas Óleo Vegetal / Dióxido de Carbono Empregando a Equação de Peng-Robinson**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1997.

ARAÚJO, M.E.; MACHADO, N.T.; MEIRELES, M.A.A. Modeling of Soybean Oil Deodorizer Distillates + Supercritical Carbon Dioxide using the Peng-Robinson EOS. **Industrial & Engineering Chemistry Research** v. 40, p. 1239-1243, 2001.

ARAÚJO, M.E.; MEIRELES, M.A.A. EDEflash – Computer Program for Thermodynamic Modelling of Multicomponent Systems. **ChemistryPreprintServer (CPS)/chemeng/0107001**, 6 p., 2001.

ASPEN ONE®, 2006. **A sequencial Modular Simulators**, AspenTech, Cambridge, M.A.

BRUNNER, G.; MACHADO, N.T. Process design methodology for fractionation of fatty acids from palm fatty acid distillates in countercurrent packed columns with supercritical CO₂. **The Journal of Supercritical Fluids**. v. 66 p. 96-110, 2012.

FORNARI, T.; VÁZQUEZ, L.; TORRES, C.F.; IBÁÑEZ, E.; SENÓRÁNS, F.J.; REGLERO, G. Countercurrent Supercritical Fluid Extraction of Different Lipid-type Materials: Experimental and Thermodynamic Modeling. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 45, p. 206-212, 2008.

MACHADO, N.T. **Fractionation of PFAD-Compounds in Countercurrent Columns using Supercritical Carbon Dioxide as Solvent**. Doctoral Thesis, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg, Germany, 1998.

STOLDT, J.; BRUNNER, G. Phase Equilibrium Measurements in Complex Systems of Fats, Fat Compounds and Supercritical Carbon Dioxide. **Fluid Phase Equilibria**, v. 146, p. 269-295, 1998.

VARGENS, H.S. **Modelagem e simulação do fracionamento de correntes líquidas de produtos naturais em colunas em contracorrente usando dióxido de carbono supercrítico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), PPGEQ, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

VÁSQUEZ, L.; BENAVIDES-HURTADO, A.M.; REGLERO, G.; FORNARI, T.; IBÁÑEZ, E.; SENORANS, F.J. Deacidification of Olive Oil by Countercurrent Supercritical Carbon Dioxide Extraction: Experimental and Thermodynamic Modeling. **Journal of Food Engineering**, v.90, p.463-470, 2009.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

VANESSA BORDIN VIERA - Docente adjunta na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), bacharel e licenciada em Nutrição pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Docente no Instituto Federal do Amapá (IFAP). Editora da subárea de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Journal of bioenergy and food science. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

NATIÉLI PIOVESAN - Docente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), graduada em Química Industrial e Tecnologia em Alimentos, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui graduação no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional. Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atua principalmente com o desenvolvimento de pesquisas na área de Antioxidantes Naturais, Qualidade de Alimentos e Utilização de Tecnologias limpas.

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

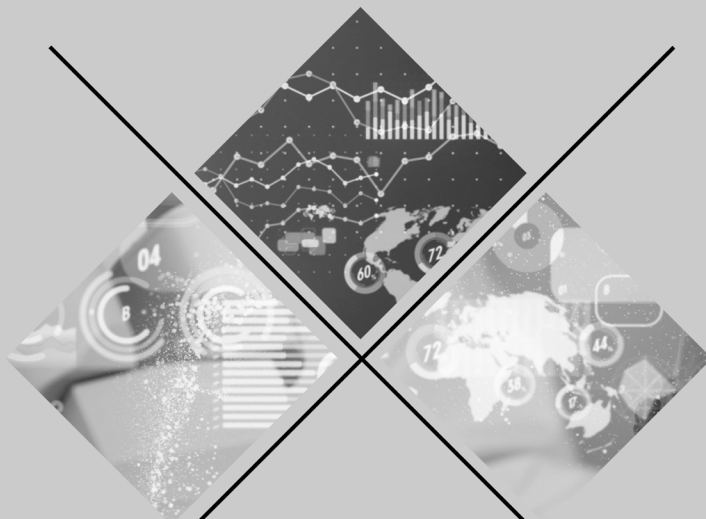
U





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

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



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