

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 2



**Priscila Tessmer Scaglioni
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 2



**Priscila Tessmer Scaglioni
(Organizadora)**

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 Cremona

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. Adaylson 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. 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. 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
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Priscila Tessmer Scaglioni

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino e pesquisa no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos 2 / Organizadora Priscila Tessmer Scaglioni. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-5706-826-7
 DOI 10.22533/at.ed.267210501

1. Tecnologia em alimentos. 2. Engenharia de alimentos. I. Scaglioni, Priscila Tessmer (Organizadora). II. 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

A coleção “Ensino e Pesquisa no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos” tem como principal objetivo a divulgação de estudos que envolvem diversas subáreas do conhecimento. A importante inter-relação entre ensino e pesquisa está demonstrada nos 54 capítulos que compõem os dois volumes desta coleção, além disso, a abordagem dinâmica dos estudos apresentados auxilia no entendimento do leitor e espera-se que muitos acadêmicos/profissionais em diferentes níveis de formação possam utilizar o material desta coleção para os mais diversos fins.

O volume 1 aborda principalmente estudos relacionados a alimentos de origem animal, bem como tecnologias que possam suprir lacunas existentes no processamento atual destes, este volume também traz conteúdo sobre a biotecnologia de alimentos, e além disso, a higiene e a segurança de alimentos são abordadas, sendo um tema tão atual e importante para a prevenção de doenças vinculadas aos alimentos.

O volume 2 aborda principalmente estudos relacionados a alimentos de origem vegetal, além disso, a análise sensorial é explorada através de diferentes aplicações ao longo deste volume. A Engenharia de Alimentos também não foi esquecida, porque neste volume o leitor encontra temas relacionado à secagem ou desidratação de alimentos, contaminantes e métodos inovadores de descontaminação, bem como tecnologias para obtenção de novos produtos.

Desta forma, a Atena Editora lança mais um conteúdo didático e de valor científico para a comunidade, valorizando estudos desenvolvidos no Brasil, e intensificando a disseminação de conhecimento. Desejamos a todos uma excelente leitura!

Priscila Tessmer Scaglioni

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ACEITAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE BOLOS SEM GLÚTEN E LACTOSE PRODUZIDOS COM FOLHAS DE *STEVIA REBAUDIANA*

Lucas de Souza Nespeca
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Maysa Ariane Formigoni Fasolin
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Renata Hernandez Barros Fuchs

DOI 10.22533/at.ed.2672105011

CAPÍTULO 2..... 9

ATRIBUTOS PERCEBÍVEIS EM AZEITES DE OLIVA DA SERRA DA MANTIQUEIRA

Amanda Neris dos Santos
Camila Argenta Fante

DOI 10.22533/at.ed.2672105012

CAPÍTULO 3..... 15

AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM PELO MECANISMO DA DIFUSÃO MÁSSICA PARA INHAME (*Dioscorea opposita thunb*)

Keylyn dos Santos Pais
Marcelo Lima Bertuci
Monique Mendes dos Santos
Pâmela Davalos de Souza
Raquel Manozzo Galante
Leandro Osmar Werle

DOI 10.22533/at.ed.2672105013

CAPÍTULO 4..... 26

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS EM COCRISTALIZADOS DE SUCO DE UMBU

Milton Nobel Cano-Chauca
Daniela Silva Rodrigues
Adriana Gonçalves Freitas
Kelem Silva Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.2672105014

CAPÍTULO 5..... 33

AVALIAÇÃO DE CONTAMINANTES EM HORTALIÇAS COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE NITERÓI, RJ

Shihane Mohamad Costa Mendes
Lucas Xavier Sant´Anna
Luciano Antunes Barros

DOI 10.22533/at.ed.2672105015

CAPÍTULO 6.....37

AVALIAÇÃO DO VINHO DE JABUTICABA SUBMETIDO A TRATAMENTO DE RADIAÇÃO GAMA

Valter Arthur

Marcia Nalesso Costa Harder

Juliana Angelo Pires

DOI 10.22533/at.ed.2672105016

CAPÍTULO 7.....48

AVALIAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA EM IRRIGAÇÕES DE HORTAS PRODUTORAS DE VERDURAS NA COMUNIDADE DE IGUAIBA, PAÇO DO LUMIAR-MA

Ítalo Prazeres da Silva

Fabírcia Fortes dos Santos

Igor Prazeres da Silva

Gabriella Pereira Valverde

Sebastião Vieira Coimbra Neto

Viviane Correa Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.2672105017

CAPÍTULO 8.....57

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ÁGUAS DE COCO PROCESSADAS COMERCIALIZADAS EM IMPERATRIZ – MA

Sabrina Cynthia de Araújo Ramalho

Yanne Bruna da Silva Pereira

Natacy Fontes Dantas

Ana Lúcia Fernandes Pereira

DOI 10.22533/at.ed.2672105018

CAPÍTULO 9.....67

AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DE BOLOS ISENTOS DE GLÚTEN E LEITE ELABORADOS COM FARINHAS DE ARROZ E BERINJELA

Lucieli Baioco Rolim

Leomar Hackbart da Silva

Paula Fernanda Pinto da Costa

DOI 10.22533/at.ed.2672105019

CAPÍTULO 10.....78

BISCOITOS SEM GLÚTEN PRODUZIDOS COM FARINHA DE MANDIOCA E SABORIZADOS COM FARINHA DE BETERRABA

Thamires Queiroga dos Santos

Teresa Tainá Florentino Lacerda

Ayla Dayane Ferreira de Sá

Geraldavane Lacerda Lopes

Carla da Silva Alves

Hozana Maria Figueiredo Silva

DOI 10.22533/at.ed.26721050110

CAPÍTULO 11	83
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FRAÇÃO INORGÂNICA DA MUCILAGEM DE TARO Luan Alberto Andrade Cleiton Antônio Nunes Joelma Pereira DOI 10.22533/at.ed.26721050111	
CAPÍTULO 12	89
CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ALGINATO DE SÓDIO APLICADOS NA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS Poliana Zava Ribeiro da Silva Vinícius André de Jesus Pires Paulo José Bálsamo Maira de Lourdes Rezende Komatsu DOI 10.22533/at.ed.26721050112	
CAPÍTULO 13	104
DESCRIÇÃO SENSORIAL DE FORMULAÇÕES BOLO DE LARANJA SEM GLÚTEN UTILIZANDO FARINHAS DE ARROZ, SORGO E TEFF PELA TÉCNICA DE <i>PERFIL FLASH</i> Renata Hernandez Barros Fuchs Geovana Teixeira de Castro Lucas de Souza Nespeca Evandro Bona Adriana Aparecida Droval Leila Larisa Medeiros Marques DOI 10.22533/at.ed.26721050113	
CAPÍTULO 14	116
DESCRIÇÃO SENSORIAL DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN PELOS MÉTODOS CATA (<i>CHECK-ALL- THAT- APPLY</i>) E JAR (<i>JUST-ABOUT-RIGHT</i>) Lucas Shinti Iwamura Luiza Pelinson Tridapalli Flávia Aparecida Reitz Cardoso Adriana Aparecida Droval Leila Larisa Medeiros Marques Renata Hernandez Barros Fuchs DOI 10.22533/at.ed.26721050114	
CAPÍTULO 15	127
DESENVOLVIMENTO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS UTILIZANDO MISTURAS DE FRUTAS DESIDRATADAS Milton Nobel Cano-Chauca Daniela Silva Rodrigues Adriana Gonçalves Freitas Hugo Calixto Fonseca Kelem Silva Fonseca DOI 10.22533/at.ed.26721050115	

CAPÍTULO 16..... 137

DESENVOLVIMENTO DE UMA BARRA DE CEREAL A PARTIR DO MESOCARPO DE COCO BABAÇU

Ronnyely Suerda Cunha Silva
Whellyda Katrynne Silva Oliveira
Lindalva de Moura Rocha
Rafael Elias Fernandes de Oliveira
Ana Carolina Santana da Silva
Hilton André Cunha Lacerda
Diego Mesquita Cascimiro
Gabriela Almeida de Paula

DOI 10.22533/at.ed.26721050116

CAPÍTULO 17..... 149

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISES FÍSICAS DE BOLO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO POR FARINHA DE BANANA VERDE

Genilson de Paiva
Isadora Peterli Altoé
Vitor Mascarello Fim
Milena Bratz Bickel
Mônica Ribeiro Pirozi
Fabrícia Ribeiro Mattos

DOI 10.22533/at.ed.26721050117

CAPÍTULO 18..... 155

DETERMINAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO ABACAXI USANDO EVOLUÇÃO DIFERENCIAL E OTIMIZAÇÃO ROBUSTA

Thaís Alves Barbosa
Bianca Duarte Oliveira
Fran Sérgio Lobato
Edu Barbosa Arruda
Breno Amaro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.26721050118

CAPÍTULO 19..... 168

ELABORAÇÃO DE FARINHA DE CASCA DE MARACUJÁ E UTILIZAÇÃO EM PÃES TIPO BISNAGUINHA

Ana Caroline Barroso da Silva
Diego Pádua de Almeida
Lucilene Benevenuti
Alcides Ricardo Gomes de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.26721050119

CAPÍTULO 20..... 174

ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER DE CASTANHA-DO-BRASIL (BERTHOLLETIA EXCELSA)

Daniela Queiroz Leite
Ana Luiza Sousa de Lima

Benedito Lobato

DOI 10.22533/at.ed.26721050120

CAPÍTULO 21..... 183

ELABORAÇÃO DE SMOOTHIES DE AÇÁI COM MARACUJÁ, CUPUAÇU, CACAU OU GOIABA

Ana Lúcia Fernandes Pereira
Kaleny da Silva Firmo
Bianca Macêdo de Araújo
Virgínia Kelly Gonçalves Abreu
Tatiana de Oliveira Lemos

DOI 10.22533/at.ed.26721050121

CAPÍTULO 22..... 194

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS TIPO COOKIE ADICIONADOS DE FARINHA DE CASCA DE ABACAXI

Emily Taíz Bauer
Juliana Signori Ziani
Laura Thaís Kroth
Maristella Letícia Selli
Stefany Grützmänn Arcari

DOI 10.22533/at.ed.26721050122

CAPÍTULO 23..... 204

ISOTERMAS DE SORÇÃO DE SEMENTES DE PITAIA BRANCA E ROSA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Carolina Morello de Castro
Caroline Mondini
Luana Carolina Bosmuler Züge

DOI 10.22533/at.ed.26721050123

CAPÍTULO 24..... 211

MATURAÇÃO DE CERVEJAS COM CHIPS DE MADEIRAS

Osmar Roberto Dalla Santa
Rainhard William Kreuzscher
David Chacón Alvarez
Roberta Letícia Kruger
Michele Cristiane Mesomo Bombardelli
Cristina Maria Zanette

DOI 10.22533/at.ed.26721050124

CAPÍTULO 25..... 220

OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS TEMPO, TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE NO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO CUPUAÇU UTILIZANDO A METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Andréa Gomes da Silva
Geanderson Paiva Chaves
Juarez da Silva Souza Júnior

Victor César Nogueira Nunes de Lima
Alexandre Araújo Pimentel
Patrícia Beltrão Lessa Constant
Sérgio Souza Castro

DOI 10.22533/at.ed.26721050125

CAPÍTULO 26.....227

POTENCIAL DA PASTA DE COCO ENRIQUECIDA COM CHIA

Flávia Luiza Araújo Tavares da Silva
Taís Letícia de Oliveira Santos
Jideane Menezes Santos
Tuânia Soares Carneiro
Raissa Ingrid Santana Araujo Costa
Alysson Caetano Soares
Filipe de Oliveira Melo
Angela da Silva Borges
Tháís Sader de Melo
Andrea Gomes da Silva
João Antônio Belmino dos Santos
Patrícia Beltrão Constant Lessa

DOI 10.22533/at.ed.26721050126

CAPÍTULO 27.....236

PROCESSAMENTO DE TOMATE SECO

José Raniere Mazile Vidal Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.26721050127

CAPÍTULO 28.....250

PROCESSO CERVEJEIRO E SUAS RELAÇÕES COM A CONTAMINAÇÃO POR MICOTOXINAS

Jaqueline Garda Buffon
Rafael Diaz Remedi
Francine Kerstner de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.26721050128

CAPÍTULO 29.....263

PRODUÇÃO DE CERVEJAS ÁCIDAS COM MICRORGANISMOS NÃO CONVENCIONAIS

Handray Fernandes de Souza
Giulia Gagliardi Stramandinoli
Katrín Stefani Koch
Victoria Mariano Dobra
Mariana Fronja Carosia
Rafael Resende Maldonado
Eliana Setsuko Kamimura

DOI 10.22533/at.ed.26721050129

SOBRE A ORGANIZADORA.....274

ÍNDICE REMISSIVO.....275

DETERMINAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM DO ABACAXI USANDO EVOLUÇÃO DIFERENCIAL E OTIMIZAÇÃO ROBUSTA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Thaís Alves Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Departamento de Tecnologia em Alimentos, Campus Morrinhos
Goiás – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1248126296632635>

Bianca Duarte Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias
Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/0032639395942986>

Fran Sérgio Lobato

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química
Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/7640108116459444>

Edu Barbosa Arruda

Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Departamento de Engenharia Química
Uberaba – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5969496186215144>

Breno Amaro da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Morrinhos
Goiás – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5450855616772140>

RESUMO: A secagem de alimentos é um processo de preservação usado na engenharia para inibir

o crescimento de bactérias, leveduras e mofo por meio da remoção de água. Para o estudo deste fenômeno é necessário a determinação de uma equação constitutiva para representar a cinética de secagem via formulação e resolução de um problema inverso. Tradicionalmente, durante esse procedimento não considera-se o efeito de perturbações no vetor de parâmetros e sua influência no valor da função objetivo. Diante do que foi apresentado, este trabalho tem como objetivo determinar a cinética de secagem do abacaxi usando o algoritmo de Evolução Diferencial associado ao conceito de robustez. Os resultados obtidos demonstram que a solução ótima nominal (sem robustez) é mais sensível que a correspondente robusta.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem, Equações Constitutivas, Otimização Robusta, Evolução Diferencial.

DETERMINATION OF DRY KINETICS OF PINEAPPLE USING DIFFERENTIAL EVOLUTION AND ROBUST OPTIMIZATION

ABSTRACT: Food drying is a preservation process used in engineering to inhibit the growth of bacteria, yeasts, and mold through the removal of water. To study this phenomenon, it is necessary to determine a constitutive equation to represent the drying kinetics through the formulation and resolution of an inverse problem. Traditionally, during this procedure, the effect of perturbations small on design variables vector and its influence on value of objective function are not considered. This contribution aims to determine the drying kinetics of pineapple using

the Differential Evolution algorithm associated to robustness concept. The obtained results demonstrate that the nominal optimal solution (without robustness) is more sensitive than the corresponding robust solution.

KEYWORDS: Drying, Constitutive Equations, Robust Optimization, Differential Evolution.

1 | INTRODUÇÃO

A secagem configura-se como uma das operações unitárias mais utilizadas para a conservação de produtos alimentícios, já que a grande maioria destes sofre deterioração com a ação de bactérias, leveduras e mofo (TADINI et al., 2016). Em termos gerais, esta operação é responsável por transferir a umidade que está em um sólido para uma fase gasosa não saturada de forma a adequar o produto a uma determinada especificação de mercado (ARRUDA, 2008). Dentre as vantagens deste processo pode-se citar a conservação do produto por um período de tempo maior do que aquele requerido pelo produto *in natura*; a redução do seu peso (redução do custo de transporte e armazenamento) e a capacidade de conservação das características físicas e nutritivas (ARRUDA, 2008).

A secagem caracteriza-se como um tema abrangente e de alta complexidade, pois envolve trocas simultâneas de calor, massa e momento. Vários parâmetros afetam este processo, sendo que muitos deles são dependentes da estrutura do sólido e podem apresentar variações para um mesmo produto que tenha sido feito por processos diferentes ou até mesmo em lotes diferentes do mesmo processo (ARRUDA, 2008).

Do ponto de vista matemático, a modelagem deste fenômeno é caracterizada por um sistema de equações diferenciais que representam os balanços de massa, energia e quantidade de movimento. Associado a estes modelos fenomenológicos, uma série de equações empíricas devem ser empregadas para que esse fenômeno possa ser representado. Dentre essas equações, devem ser determinadas expressões para a umidade de equilíbrio e para a cinética de secagem (ARRUDA, 2008). Cabe ressaltar que estes modelos isoladamente não são capazes de descrever o processo de transferência de calor e massa em camadas espessas, uma vez que os balanços de massa e energia da fase gasosa não são considerados. Entretanto, estes estudos são indispensáveis na predição dos fenômenos de transferência de massa e calor (ARRUDA, 2008; TADINI et al., 2016).

Em se tratando da cinética de secagem, a literatura especializada apresenta uma série de modelos com aplicações em diferentes áreas da ciência e da engenharia. Dentre estes pode-se citar o estudo da cinética de secagem de: i) grãos de soja (OVERHULTS et al., 1973; WHITE et al., 1978); ii) vegetais (IGUAZ et al., 2003); iii) frutas (CEYLAN et al., 2007; SHAHARI, 2012); iv) fertilizantes (ARRUDA, 2008); v) bananas (KUMAR et al., 2012; MONTEIRO et al., 2016); vi) maçãs (Zlatanovic et al., 2013); vii) mamão (UDOMKUM et al., 2015) e viii) batatas e maçãs (SINGH et al., 2014). Em cada um destes modelos, a

determinação dos parâmetros que caracterizam a cinética de secagem é obtida através da formulação e resolução de um problema de otimização, que consiste na obtenção dos melhores parâmetros que minimizam o somatório dos desvios quadráticos entre o modelo proposto e os pontos experimentais.

Tradicionalmente, durante a etapa de determinação destes parâmetros considera-se que o resultado obtido não está sujeito à influência de pequenas perturbações no vetor de variáveis de projeto (otimização nominal). Em termos práticos, a implementação dos resultados advindos da otimização nominal pode implicar em resultados diferentes dos esperados teoricamente. Isto se deve, entre outros aspectos, a dificuldade de reproduzir com exatidão os resultados obtidos na etapa de projeto. Assim, um resultado sensível a pequenas perturbações no vetor de variáveis de projeto pode implicar em saídas diferentes das esperadas com a etapa de projeto.

Para tratar este tipo de problema, nas últimas décadas têm sido utilizado o conceito de otimização robusta. Taguchi (1984) define otimização robusta como sendo uma abordagem que produz, sob determinadas condições, uma solução pouco sensível a pequenas alterações no vetor de variáveis de projeto. Neste caso, a partir da aplicação deste conceito, pode-se obter uma solução menos sensível e que pode ser implementada na prática em sistemas de engenharia e áreas afins.

Diante do que foi apresentado, a presente contribuição tem por objetivo a determinação robusta dos parâmetros da cinética de secagem do abacaxi a partir da formulação e resolução de um problema inverso considerando pontos experimentais obtidos em laboratório. Para resolver este problema de otimização será utilizado o algoritmo de Evolução Diferencial - ED (STORN e PRICE, 1995) associado ao conceito de Média Efetiva, empregado para a inserção de robustez ao problema de otimização (DEB e GUPTA, 2006). Este trabalho está estruturado como segue: a seção 2 apresenta uma breve descrição sobre otimização robusta, bem como sobre o conceito de Média Efetiva. A seção 3 apresenta a concepção conceitual do algoritmo de ED. Na terceira seção é apresentada a descrição do procedimento experimental adotado para a obtenção dos dados experimentais. Nas seções 4 e 5 são apresentados o procedimento experimental e a formulação matemática do problema inverso proposto, respectivamente. Já na seção 6 é apresentada a metodologia proposta neste trabalho. Os resultados obtidos são apresentados na seção 7. Finalmente, as conclusões e perspectivas para trabalhos futuros são apresentadas na última seção.

2 | OTIMIZAÇÃO ROBUSTA

Tradicionalmente, considera-se que a solução de um problema de otimização não apresenta incertezas (a solução é conhecida como nominal). Todavia, em aplicações práticas, observa-se que a solução deste tipo de problema pode ser sensível à pequenas alterações no vetor de variáveis de projeto (DEB e GUPTA, 2006). Neste cenário, a otimização

robusta configura-se como uma ferramenta interessante para avaliar a sensibilidade de uma solução em relação à incertezas presentes em sistemas de engenharia e áreas afins (TAGUCHI, 1984).

Para o tratamento da robustez em problemas mono e multi-objetivos, Deb e Gupta (2006) apresentam o conceito de Média Efetiva. Nesta abordagem, diferentemente do que acontece com a maioria das estratégias propostas na literatura, nenhuma restrição adicional é inserida ao problema original. Neste, o estudo de caso em análise é reescrito como uma média do valor da função objetivo via definição da Média Efetiva. Esta é formulada como segue (DEB e GUPTA, 2006): Uma solução x^* é denominada solução robusta se a solução ótima é viável para o problema de otimização definido em relação à vizinhança δ de uma solução x :

$$\min \left(\frac{1}{|Y_\delta(x)|} \int_{y \in Y_\delta(x)} f dy \right) \quad (1)$$

na qual $|Y_\delta(x)|$ é o hipervolume da vizinhança e f é a função objetivo. Em termos práticos, a avaliação desta integral deve ser realizada numericamente. Assim, um conjunto finito de H soluções deve ser gerado aleatoriamente dentro do da vizinhança δ . Neste caso, a partir da definição deste parâmetro, N amostras do vetor de variáveis de projeto x são geradas empregando-se o Método do Hiper cubo Latino. De posse destes pontos, a integral pode ser avaliada numericamente. Em termos de esforço computacional, a obtenção de uma solução robusta implicará no aumento do número de avaliações da função objetivo em relação à solução nominal, isto é, para cada candidato definido na i -ésima geração do algoritmo de ED, N avaliações adicionais da função objetivo são requeridas (DEB e GUPTA, 2006). Assim, obter uma solução robusta implica em um maior número de avaliações da função objetivo em relação à otimização nominal.

3 | EVOLUÇÃO DIFERENCIAL

O algoritmo de ED, proposto por Storn e Price (1995), é uma das técnicas evolutivas mais empregadas para resolução de problemas de otimização. Isto se deve a capacidade que esta apresenta na determinação do ótimo global, pela facilidade de implementação e no tratamento de problemas com diferentes tipos de variáveis (LOBATO, 2008). Basicamente, este algoritmo consiste em realizar operações vetoriais para a geração de um candidato à solução do problema de otimização. O seu procedimento geral pode ser resumido nas seguintes etapas (STORN et al., 2005):

- inicialmente, gera-se uma população inicial com NP soluções factíveis (o vetor de variáveis de projeto gerado pelo algoritmo deve respeitar o domínio estabelecido pelo usuário);

- para a geração de um candidato à solução do problema de otimização, seleciona-se um indivíduo, de forma aleatória, para ser substituído. Dois outros indivíduos (diferentes) são selecionados para realizarem a subtração vetorial;
- com a escolha destes três vetores, é realizada uma operação vetorial na qual consiste da soma do indivíduo a ser substituído com a diferença entre os outros dois. Esta diferença é ponderada por um fator denominado de taxa de perturbação (F);
- a partir desta operação, modifica-se o valor do indivíduo selecionado, a depender do valor da probabilidade de cruzamento CR definida pelo usuário (operador de cruzamento no algoritmo de ED);
- se o vetor resultante apresenta um melhor valor em termos da função objetivo, este substitui o candidato previamente escolhido, caso contrário, o candidato previamente escolhido é mantido na população;
- este procedimento é repetido de forma que uma nova população, formada por novos e indivíduos remanescentes da população anterior, formam a nova população do algoritmo de ED. Para finalizar o algoritmo, geralmente adota-se como critério de parada o número máximo de gerações.

4 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental adotado neste trabalho foi realizado no Laboratório de Agroindústria do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos-GO. Como matéria-prima considerou-se o abacaxi pérola (*Ananascomosus L. Merrill*). Antes da etapa de secagem, este produto foi submetido a etapas preliminares com o objetivo de melhorar a qualidade sensorial do produto, além de prolongar a vida útil do mesmo. Estas são descritas a seguir:

- Higienização e sanitização: as frutas foram lavadas com sabão neutro a fim de eliminar as sujidades físicas contidas na casca e, posteriormente, mergulhadas em solução de hipoclorito de sódio (100 mg.L^{-1}), por dez minutos.
- Descascamento e corte: após a sanitização as frutas foram descascadas e cortadas em rodelas. O formato do corte é opcional, desde que se mantenha maior uniformidade possível. No caso do abacaxi, foi retirado o miolo.
- Branqueamento: finalizado o processo de corte as frutas passam por um branqueamento, que é um tratamento térmico preliminar à desidratação. Este visa remover gases, desativar enzimas, fixar cor e textura, além de reduzir a quantidade de microrganismos na superfície do produto. Neste processo, as frutas foram mergulhadas em solução de ácido cítrico (200 mg.L^{-1}) a 100°C , por 2,5 minutos e imediatamente resfriadas em água gelada.
- Preparação das amostras: as frutas foram cortadas em fatias, sendo as dimensões médias apresentadas na Tabela 1. Cabe ressaltar que o processo de

secagem foi realizado considerando três diferentes temperaturas (constantes durante todo o procedimento experimental), a saber, 60°C, 65°C e 70°C.

	60°C	65°C	70°C
Abacaxi	84,06 x 76,1 x 9	94,33 x 89,98 x 9,68	87,08 x 83,38 x 8,89

Tabela 1 - Dimensões médias (em mm) das amostras consideradas neste trabalho.

Em seguida, o produto fatiado foi disposto em uma bandeja e esta foi inserida em um secador de armário, conforme apresentado na Figura 1. Durante o processo foi realizada a movimentação das bandejas para que não haja variação na temperatura recebida por elas. A partir daí foi realizado o acompanhamento da redução do conteúdo de umidade das amostras por meio de pesagens em determinados instantes de tempo em balança digital com precisão de $\pm 0,01$ g até atingir a umidade entre 15 e 25%. Ao final deste procedimento, tem-se a variação da umidade em função do tempo. Cabe ressaltar que os valores utilizados para a formulação do problema de otimização são valores médios das amostras consideradas.



Figura 1 - Secador do tipo armário, com bandejas utilizado para a secagem do abacaxi.

5 | FORMULAÇÃO DO PROBLEMA INVERSO

A formulação do problema inverso (estimação de parâmetros) proposto neste trabalho consiste na determinação dos parâmetros cinéticos que minimizem o somatório dos desvios quadráticos (distância entre os valores experimentais e os valores preditos pelo modelo proposto), conforme a seguinte equação (*FO – função objetivo*):

$$FO \equiv \sum_{i=1}^{n_{\text{exp}}} (y_i^{\text{exp}} - y_i^{\text{cal}}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m))^2 \quad (2)$$

em que y^{cal} e y^{exp} representam o valor da variável dependente (y) predito pelo modelo e o valor da variável dependente (experimental), respectivamente. α_k ($k=1, \dots, m$) é o vetor que contém os m parâmetros que devem ser determinados e n_{exp} é o número de dados experimentais considerados.

Para mensurar a qualidade do ajuste obtido com cada modelo, será utilizado o coeficiente de determinação (r^2), definido como (CHAPRA, 2013):

$$r^2 \equiv 1 - \frac{S_r}{S_t} \quad (3)$$

onde S_r representa o somatório dos desvios quadráticos entre os dados experimentais e os valores computados pelo modelo considerado) e S_t representa o somatório dos quadrados dos resíduos entre os dados computados pelo modelo e a média, definidos como:

$$S_r \equiv \sum_{i=1}^{n_{\text{exp}}} (y_i^{\text{exp}} - y_i^{\text{cal}})^2 \quad (4)$$

$$S_t \equiv \sum_{i=1}^{n_{\text{exp}}} (\bar{y} - y_i^{\text{cal}})^2 \quad (5)$$

onde a média (\bar{y}) é definida como:

$$\bar{y} \equiv \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{exp}}} y_i^{\text{cal}}}{n_{\text{exp}}} \quad (6)$$

Em termos práticos, quanto mais próximo r^2 for da unidade, melhor é o ajuste proposto. Este valor representa o percentual dos dados experimentais que pode ser explicado pelo modelo matemático proposto. Neste caso, se o valor de r^2 for longe da unidade, isto implica que o modelo proposto não foi uma boa escolha (CHAPRA, 2013).

6 | METODOLOGIA

Como descrito anteriormente, este trabalho tem como objetivo a determinação de parâmetros empregados para a representação da cinética de secagem do abacaxi. Para essa finalidade, o seguinte procedimento é proposto:

- obtenção dos pontos experimentais (umidade versus tempo) para o abacaxi, conforme o procedimento apresentado anteriormente;
- a partir do conhecimento dos dados experimentais e da escolha da expressão

cinética empregada, formula-se a função objetivo (FO);

- define-se os parâmetros do algoritmo de ED, o número de amostras e o parâmetro de inserção de robustez (δ) (que representa o percentual de perturbação no vetor de variáveis de projeto);
- aplica-se a estratégia de otimização para a determinação dos parâmetros cinéticos no contexto nominal e robusto. Para o primeiro, nenhuma estratégia para a inserção de robustez é considerada (resultado nominal). Para o segundo tipo, incorpora-se o conceito de Média Efetiva apresentada ao algoritmo de ED (resultado robusto);
- para o problema robusto, uma série de amostras, relativo a cada indivíduo gerado pelo algoritmo de ED é gerado considerando o Hiper cubo Latino, de modo que a integral definida pela Eq. (1) possa ser avaliada numericamente.

7 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o aspecto final do abacaxi desidratado considerando o procedimento experimental descrito anteriormente. Nesta figura percebe-se que o objetivo da desidratação foi alcançado, isto é; a fruta perdeu água.



Figura 2 - Desidratação do abacaxi após a secagem.

Para aplicação da metodologia proposta neste trabalho foi considerado o modelo cinético de secagem em camada fina proposto por Page (1949) e amplamente utilizado na literatura. Este é descrito pela equação a seguir:

$$MR = \frac{X}{X_0} = \exp(-kt^n) \quad (7)$$

em que MR é a taxa de umidade – *Moisture Ratio* (g sólido seco/g sólido úmido), k

é a constante de secagem (h^{-1}), t é o tempo de secagem (h) e X e X_0 representam o teor de umidade em um instante de tempo qualquer e a umidade inicial, respectivamente.

Os parâmetros utilizados pelo algoritmo de ED (STORN et al., 2005; LOBATO, 2008) são: população com 25 indivíduos, número de gerações igual a 250, probabilidade de cruzamento e taxa de perturbação iguais a 0,8; respectivamente. O critério de parada adotado neste trabalho foi o número máximo de gerações, isto é, o procedimento evolutivo é finalizado se esse valor é alcançado. No estudo de caso robusto, foram considerados os seguintes valores para o parâmetro de inserção de robustez ($\delta=[0,02 \ 0,05 \ 0,10]$). É importante ressaltar que, para o estudo de caso nominal e para os parâmetros considerados, são necessárias $25+25 \times 250$ avaliações da função objetivo em cada execução do algoritmo. Já para o estudo de caso robusto e para os parâmetros considerados, são necessárias $25+25 \times 250 \times 50$ avaliações da função objetivo em cada execução do algoritmo (onde 50 é o número de amostras consideradas para avaliar a integral definida pela Eq. (1)). Cada um dos estudos de caso foram simulados dez vezes com o seguinte vetor de sementes iniciais para o gerador de números aleatórios ([0 1 ... 9]).

A Tabela 2 apresenta os parâmetros estimados pelo algoritmo de ED (nominal e robusto) considerando diferentes parâmetros para a inserção de robustez e diferentes temperaturas. Nesta tabela é possível observar que o algoritmo de ED foi capaz de estimar os parâmetros do modelo considerado, visto os bons valores da função objetivo e do coeficiente de determinação obtidos, conforme constatado na Figura 3. Em se tratando da metodologia robusta proposta, quanto maior o valor do parâmetro de inserção de robustez (δ), maior é o valor da função objetivo em comparação com a solução nominal. Este comportamento já era esperado já que este parâmetro representa o nível de sensibilidade da função objetivo com relação aos parâmetros.

Os resultados obtidos com a metodologia robusta proposta evidenciam que quanto maior o seu valor, maior é o valor da função objetivo. Para avaliar real influência deste parâmetro, a Figura 4 apresenta o valor médio da função objetivo considerando $\delta=[0,001 \ 0,005 \ 0,01 \ 0,02 \ 0,05 \ 0,1 \ 0,2 \ 0,3 \ 0,4 \ 0,5 \ 0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,9]$ e os pontos experimentais para a temperatura de 70°C. Esta figura foi obtida a partir da perturbação da solução nominal e de cada uma das soluções robustas apresentadas na Tabela 2 para o vetor δ considerado.

δ	T (°C)	k (h ⁻¹)	$n(-)$	FO (-)	r^2
0	60	0,285/0,087"	1,155/0,033	0,0004/1,2E-9	0,999
	65	0,344/0,003	1,011/0,006	0,003/1,1E-8	0,995
	70	0,433/0,093	1,164/0,035	0,0006/1,7E-8	0,999
0,02	60	2,857/0,095	1,151/0,054	0,0005/2,1E-8	0,999
	65	0,343/0,042	1,082/0,012	0,003/2,4E-7	0,994
	70	0,435/0,044	1,157/0,033	0,0006/2,1E-8	0,993
0,05	60	0,292/0,098	1,139/0,045	0,001/2,3E-8	0,998
	65	0,348/0,022	1,072/0,025	0,004/1,2E-8	0,994
	70	0,436/0,019	1,151/0,093	0,001/3,2E-8	0,992
0,1	60	0,288/0,084	1,157/0,023	0,003/1,1E-8	0,991
	65	0,351/0,011	1,066/0,054	0,005/2,1E-9	0,993
	70	0,433/0,039	1,162/0,034	0,002/1,3E-9	0,992

"Melhor solução e "Desvio padrão computados a partir das 10 execuções do algoritmo.

Tabela 2 - Parâmetros estimados para a cinética de secagem do abacaxi considerando diferentes modelos e temperaturas.

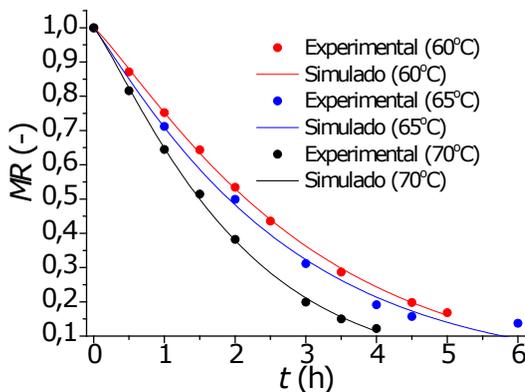


Figura 3 - Comparação entre os pontos experimentais e estimados por cada um dos modelos cinéticos para o abacaxi.

Como observado nesta figura e na Tabela 1, o incremento no valor do parâmetro de inserção de robustez implica em maiores médias computadas para a solução nominal em relação a cada uma das soluções robustas. Assim, apesar do aumento do custo computacional requerido pela abordagem robusta proposta em relação à abordagem nominal, ressalta-se que cada solução robusta é, em relação ao respectivo parâmetro de inserção de robustez, menos sensível a determinadas perturbações no valor do vetor de variáveis de projeto em relação à solução nominal.

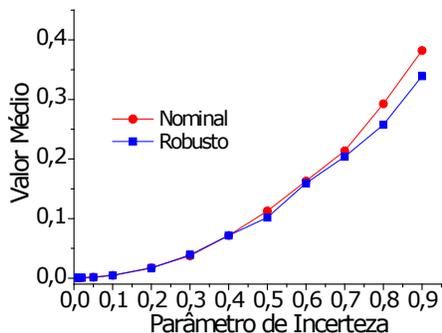


Figura 4 - Influência de perturbações no valor da função objetivo considerando as soluções nominal e robustas.

8 | CONCLUSÕES

Este trabalho experimental-computacional teve por objetivo a determinação da cinética de secagem do abacaxi através da formulação e resolução de um problema de otimização considerando pontos experimentais levantados em laboratório. Os parâmetros da equação cinética considerada foram estimados usando o algoritmo de Evolução Diferencial considerando duas abordagens, a saber, a nominal (sem a inserção de robustez) e a robusta (com a inserção de robustez), considerando diferentes sementes iniciais para a obtenção dos melhores valores e dos desvios padrão apresentados nas tabelas.

De forma geral observa-se, para o estudo de caso nominal analisado, que a metodologia apresentada foi capaz de obter resultados satisfatórios em relação ao valor da função objetivo e do desvio padrão. Já para os estudos de caso robustos analisados foi constatado que a solução robusta, mesmo com maior custo computacional com relação à solução nominal, é menos sensível a pequenas perturbações.

Finalmente, ressalta-se que o resultado apresentado neste trabalho justifica a necessidade da incorporação deste tipo de metodologia no projeto de sistemas de engenharia e áreas afins, de modo que possa ser obtida uma solução que, sob determinadas condições, é menos sensível a pequenas perturbações no vetor de variáveis de projeto.

Como sugestão para trabalhos futuros pretende-se aplicar a metodologia proposta em estudos de caso com mais parâmetros e constituídos por sistemas de equações mais complexos, como por exemplo, os diferenciais, algébrico-diferenciais e os integro-diferenciais.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, E. B. **Comparação do desempenho do secador roto fluidizado com o secador rotatório convencional: secagem de fertilizantes**. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2008.

CEYLAN, I.; AKTAS, M.; DOGAN, H., Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits. **Applied Thermal Engineering**, vol. 27, p. 1931–1936, 2007.

CHAPRA, S. C. **Métodos numéricos aplicados com matlab para engenheiros e cientistas**. Editora Mc Graw Hill, 3ª Edição, 655 páginas. 2013.

DEB, K., GUPTA, H. Introducing Robustness in Multi-Objective Optimization, **Evolutionary Computation**, 14, 463-494, 2006.

IGUAZ, A.; ESNOZ, A.; MARTINEZ, G.; LÓPEZ, A.; VÍRSEDA, P. Mathematical modelling and simulation for the drying process of vegetable whole sale by products in a Rotary dryer. **Journal of Food Engineering**, vol. 59, p. 151–160, 2003.

KUMAR, C.; KARIM, A.; SAHA, S. C.; JOARDDER, M. U. H.; BROWN, R.; BISWAS, D. Multiphysics modelling of convective drying of food materials. **Proceedings of the Global Engineering**, Science and Technology Conference, Dhaka, Bangladesh, 2012.

LOBATO, F. S. **Otimização Multi-objetivo para o Projeto de Sistemas de Engenharia**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Brasil, 2008.

MONTEIRO, R. L.; A. M. B., CARCIOFI; LAURINDO, J. B. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas. **Journal of Food Engineering**, vol. 178, p. 1–11, 2016.

OVERHULTS, D. G.; WHITE, G. M.; HAMILTON, H. E.; ROSS, I. J. Drying soybeans with heated air. **Transactions of the ASAE**, vol. 16, p. 112–113, 1973.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rate of air drying shelled corn in thin-layers**. M. S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1949.

SHAHARI, N. A., **Mathematical modelling of drying food products: application to tropical fruits**. University of Nottingham, 2012.

SINGH, F.; KATIYAR, V. K.; SINGH, B. P. Mathematical modeling to study drying characteristic of Apple and potato. **International Conference on Chemical, Environment & Biological Sciences (CEBS-2014)**, Kuala Lumpur (Malaysia), 2014.

STORN, R., PRICE, K., LAMPINEN, J. A. **Differential Evolution - A Practical Approach to Global Optimization**. Springer - Natural Computing Series, 2005.

STORN, R., PRICE, K. Differential Evolution: A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces. **International Computer Science Institute**, vol. 12, pp. 1-16, 1995.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; PESSOA-FILHO, P. A. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Editora LTC, vol. 2, 652 páginas, 2016.

TAGUCHI, G. **Quality Engineering through Design Optimization**. Kraus International Publications. New York, 1984.

UDOMKUN, P.; ARGYROPOULOS, D.; NAGLE, M.; MAHAYOTHEE, B.; JANJAI, S.; MÜLLER, J. Single layer drying kinetics of papaya amidst vertical and horizontal airflow. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 64, p. 67–73, 2015.

WHITE, G. M.; BRIDGES, T. C.; LOEWER, O. J.; ROSS, I. J. Seed coat damage in thin layer drying of soybeans as affected by drying conditions. **ASAE paper**. 3052, 1978.

ZLATANOVIC, I; KOMATINA M.; ANTONIJEVIC, D. Low-temperature convective drying of apple cubes. **Applied Thermal Engineering**, vol. 53, p. 114–123, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 6, 16, 18, 19, 20, 22, 28, 29, 30, 31, 34, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 75, 84, 87, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 122, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 141, 151, 152, 155, 159, 162, 177, 179, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 221, 222, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 232, 233, 237, 238, 239, 241, 246, 247, 251, 252, 265, 266, 267

Alginato 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103

Alimentos funcionais 228, 229, 234

Amido 6, 16, 79, 84, 86, 101, 106, 121, 137, 138, 139, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 252, 253, 267

Análise físico-química 130, 218

Análise microbiológica 48, 107, 181, 182

Análise sensorial 2, 5, 7, 9, 11, 66, 82, 108, 117, 118, 119, 147, 181, 186, 203

Análise térmica 86

Ananas comosus (L.) Merrill 194, 195, 196, 203

Azeite de oliva 9, 10, 11, 13, 14, 175

B

Berliner Weisse 263, 264, 266, 270, 273

Beterraba 78, 79, 80, 81, 82

Biopolímero 89, 91

C

Cereais 82, 105, 106, 113, 117, 121, 123, 128, 130, 131, 134, 135, 137, 138, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 169, 170, 171, 229, 251, 252, 254, 255, 266, 274

Cerveja 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 259, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273

Check-all-that-apply 116, 117, 118, 123, 125

Chia 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Coco 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 137, 138, 139, 140, 141, 145, 146, 148, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Cocos nucifera L. 57, 58, 234

Colocasia esculenta 83, 84, 88

Conservação de alimentos 39, 57

Cor instrumental 70, 183, 185, 186, 187, 188

Cristalização 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 220

D

DCCR 220, 222, 223

Descontaminação 250

Desenvolvimento de novos produtos 2, 232

Desidratação 15, 22, 23, 58, 128, 129, 135, 159, 162, 216, 220, 221, 222, 224, 225, 226, 237, 241, 242, 245, 247, 248

Difusividade 15, 16, 18, 22, 23

Dimensões comuns 105, 108

Doença celíaca 68, 75, 78, 79, 82, 105, 106, 116, 117

E

Escala hedônica 1, 5, 6, 7, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 80, 183, 186, 188, 189, 190

Evolução diferencial 155, 157, 158, 165

F

Farinha 4, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 104, 106, 107, 110, 111, 113, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 132, 134, 137, 138, 139, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234

Fermentação alcoólica 38, 250, 251, 265, 273

Filmes comestíveis 89

H

Higroscopicidade 26, 28, 29, 31, 127, 128, 129, 132, 133

I

Irrigação 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Isotermas de sorção 26, 28, 30, 31, 135, 204, 206, 207, 208, 210

J

Just-about-right 58, 116, 117, 118, 123, 124, 125

K

Kefir 263, 264, 265, 268, 269, 270, 271, 272, 273

Kombucha 263, 264, 265, 269, 270, 271, 272

M

Maçãs 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 102, 156

Método afetivo 2

Mineral ferro 83

Muffins 67, 68, 76, 77

Musa spp. 149, 150

Myrciaria cauliflora 37, 38

O

Orbignya speciosa 137, 138

P

Panificação 25, 67, 68, 72, 86, 106, 118, 149, 150, 168, 169, 170, 171, 173, 196

Parasito 33

Perfil flash 104, 105, 106, 120

Polpa de frutas 128, 183

R

Radiação ionizante 37

Resíduos agroindustriais 195

S

Secagem 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 79, 84, 95, 129, 131, 134, 139, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 198, 221, 225, 236, 238, 242, 247, 248, 252

Solanum melongena 67, 68, 76

T

Theobroma grandiflorum 135, 220, 221

Tomate 12, 132, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 244, 246, 247, 248

Tricotecenos 250, 251, 255, 256, 257

V

Vinho de frutas 37

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


Ano 2021

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


Ano 2021