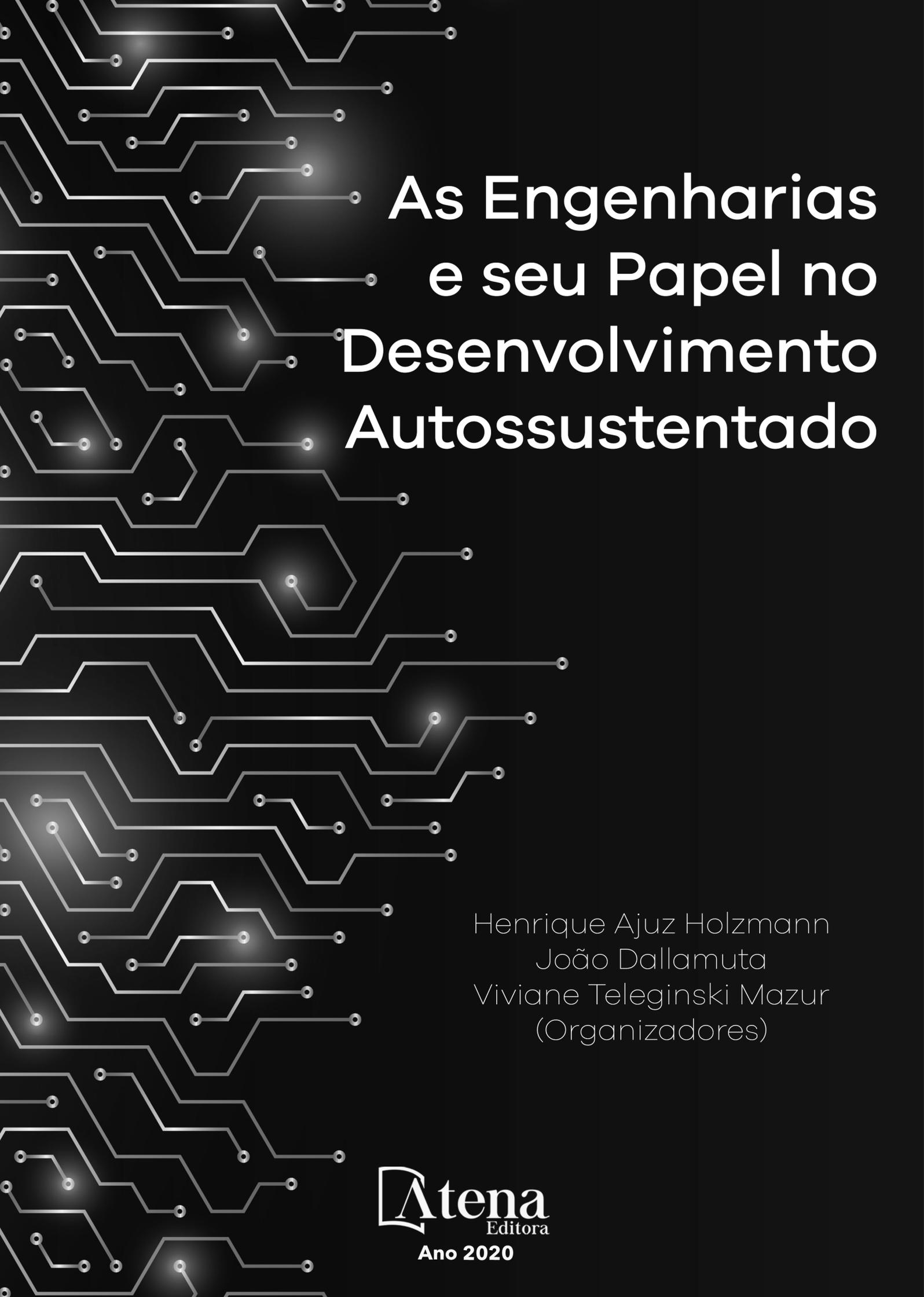


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020



As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

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. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª 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. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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 Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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 Alfenas

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
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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^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. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-146-6 DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	
Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061	
CAPÍTULO 2	14
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
CAPÍTULO 3	28
INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	
Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063	
CAPÍTULO 4	40
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)	
Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064	
CAPÍTULO 5	58
MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL	
Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065	
CAPÍTULO 6	67
CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA	
Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066	
CAPÍTULO 7	78
CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS	
Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067	

CAPÍTULO 8	95
UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS	
Marcelo Henrique Belonsi Maria Francisca da Cunha Manoel Moraes Junqueira DOI 10.22533/at.ed.4662030068	
CAPÍTULO 9	103
DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA	
Lays Cristina Gama Lopes Luiz Fernando Cótica Ivair Aparecido dos Santos DOI 10.22533/at.ed.4662030069	
CAPÍTULO 10	119
SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE	
Isabela Kimie Ota Daniel Almeida Colombo DOI 10.22533/at.ed.46620300610	
CAPÍTULO 11	124
AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Marco Antonio Rodrigues de Brito Marcus Costa de Araújo DOI 10.22533/at.ed.46620300611	
CAPÍTULO 12	141
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL	
Elba Gomes dos Santos Leal Rui Carlos de Sousa Mota Ricardo Guilherme Kuentzer Bento Pereira da Costa Neto Danilo Matos Moura DOI 10.22533/at.ed.46620300612	
CAPÍTULO 13	154
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	
Mauro Donizeti Berni Paulo Cesar Manduca DOI 10.22533/at.ed.46620300613	
CAPÍTULO 14	162
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS	
João Pedro Inácio Varela Joseph Bruno Rodrigues Almeida Wanderley Ferreira de Amorim Júnior DOI 10.22533/at.ed.46620300614	

CAPÍTULO 15 176

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Aline Domingues Gomes

Lucas de Souza Borban

Jean César Marinozi Vicentini

DOI 10.22533/at.ed.46620300615

CAPÍTULO 16 191

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO

Isadora Barreto Coutinho

Inês Aparecida Santana

Antonia Miwa Iguti

DOI 10.22533/at.ed.46620300616

CAPÍTULO 17 203

APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Anne Caroline da Silva Rocha

Livia Rodrigues de Menezes

Emerson Oliveira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.46620300617

CAPÍTULO 18 212

DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR Nb_2O_5 SUPORTADO EM SiO_2

Thais Delazare

Rodrigo da Silva Neu

Emerson Schwingel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.46620300618

CAPÍTULO 19 221

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE $Ba_xSr_{1-x}Co_yFe_{1-y}O_{3+\Delta}$ PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC

Mariana Lima

Everton Bonturim

Marco Andreoli

Nelson Batista de Lima

Emília Satoshi Miyamaru Seo

DOI 10.22533/at.ed.46620300619

CAPÍTULO 20 231

ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS

Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque

Ronaldo Salvador Vasques

Fabício de Souza Fortunato

Camila Pereira

DOI 10.22533/at.ed.46620300620

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann
Bogdan Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Silvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Data de aceite: 19/06/2020

Tamires Barlati Vieira da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
Campo Mourão – Paraná

Ana Paula da Silva Sbrunhera

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento Acadêmico de Alimentos (DALIM)
Campo Mourão – Paraná

Priscila Dayane de Freitas

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
Campo Mourão – Paraná

Thaysa Fernandes Moya Moreira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
Campo Mourão – Paraná

Anielle de Oliveira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
Campo Mourão – Paraná

Fernanda Vitória Leimann

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos

Campo Mourão – Paraná

Bogdan Demczuk Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento Acadêmico de Alimentos (DALIM)
Campo Mourão – Paraná

RESUMO: A batata doce se destaca dos demais carboidratos justamente por seu baixo índice glicêmico, apresentando inúmeras aplicações tanto no âmbito doméstico, quanto na indústria. O objetivo do presente trabalho foi de estudar as variações nos parâmetros de cor da batata doce após passar pelo processo de secagem em diferentes temperaturas (50°C, 60°C e 70°C) e com diferentes concentrações de ácido cítrico (0,2%, 0,6%, 1,0%), sendo utilizado um planejamento experimental. Foram avaliados os parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) sendo possível somente obter um modelo preditivo para a resposta de luminosidade após a secagem. Com a superfície de resposta, foi possível identificar que em temperaturas mais baixas e menor concentração de ácido cítrico houve preservação da luminosidade, sendo menor o efeito de escurecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Batata doce; secagem; ácido cítrico; temperatura; cor.

EXPERIMENTAL PLANNING APPLIED TO PRE-TREATING SWEET POTATOES WITH CITRIC ACID AND DRYING FOR COLOR ASSESSMENT

ABSTRACT: The sweet potato stands out for its low glycemic index and it has been increasing in number of applications both domestically and in the industry. The objective of the present work was to study the variations in the color parameters of sweet potato after drying in different temperatures (50°C, 60°C and 70°C) and with different concentrations of citric acid (0.2%, 0.6%, 1.0%), and an experimental design was used. The instrumental color parameters (L^* , a^* and b^*) were evaluated and it was possible to obtain a predictive model for the luminosity response (L^*) after drying. With the contour surface of the response, it was possible to identify that the combination of lower temperatures and lower concentration of citric acid resulted in a preservation of luminosity, or a lower darkening effect.

KEYWORDS: Sweet potato; drying; Citric acid; temperature; color.

1 | INTRODUÇÃO

O processo de secagem por convecção de ar é largamente utilizado para a secagem de frutas e vegetais, porém, alguns estudos apontam uma série de problemas associados a esse processo por convecção, como alteração físicas de cor, textura e alterações químicas (QUEIROZ et al., 2007). A qualidade do produto seco está diretamente ligada a temperatura utilizada no processo, sendo que altas temperaturas estão associadas a perda de qualidade e em contrapartida, baixas temperaturas associadas ao tempo de secagem, tornam o processo inviável (ARGYROPOULOS; KHAN; MÜLLER, 2011).

O ácido cítrico é amplamente utilizado na indústria de alimentos para a inibição do escurecimento em frutas enlatadas e outros produtos (LIU et al., 2013). No entanto, informações limitadas estão disponíveis sobre o impacto da acidificação com ácido cítrico na secagem de batatas doce.

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente da família das convolvulaceas, é uma hortaliça tuberosa, originária da América do Sul (SOUZA; RESENDE, 2001). Segundo o IBGE, no ano de 2010 a produção no Brasil, da região sudeste, sul e centro-oeste somadas chegou a 307.169 toneladas, destacando-se a região sul com aproximadamente 86,5% do valor total (IBGE, 2010). É um alimento altamente reconhecido pelo seu baixo índice glicêmico (BJÖRCK; LILJEBERG; OSTMAN, 2000).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi a aplicação de ácido cítrico como pré-tratamento para a avaliação da cor após a secagem de batata doce em diferentes temperaturas com o uso de um planejamento experimental.

2 | MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Material

As batatas doces, o hipoclorito de sódio e o ácido cítrico foram adquiridas no comércio local de Campo Mourão, Paraná, Brasil.

2.2 Preparo das amostras

As batatas doces foram higienizadas com hipoclorito de sódio em uma solução de 2 ppm, descascadas manualmente e cortadas de maneira uniforme com utensílios domésticos, com dimensões de 1 cm de altura por 1 cm de espessura e 5 cm de comprimento. As amostras foram submetidas ao pré-tratamento com solução de ácido cítrico (0,2%, 0,6% e 1,0%). As amostras permaneceram imersas à temperatura ambiente por um período de 3 minutos e em seguida foram drenadas em papel absorvente.

2.3 Planejamento fatorial completo aplicado à secagem

Um planejamento de experimentos fatorial 3^2 com duas repetições no ponto central (11 experimentos) foi gerado pelo software Statistica 7.0 (StatSoft Incorporation, Tulsa, Oklahoma, EUA, 2006). As condições experimentais foram definidas conforme a temperatura de secagem da batata doce (X_1), bem como a concentração de ácido cítrico aplicado no pré-tratamento (X_2), conforme descrito nas Tabelas 1 e 2.

A secagem foi realizada em uma estufa com circulação de ar, onde as amostras foram alocadas em bandejas, que por sua vez, foram acondicionadas nas prateleiras da estufa. A leitura de massa em balança analítica foi realizada a cada 1 minuto, durante 10 minutos. Em seguida a cada 5 minutos, durante 50 minutos posteriormente, a cada 10 minutos, até que não houvesse variação significativa de massa.

A	-1	0	+1
T (°C) (X_1)	50	60	70
CA (%p/v) (X_2)	0,2	0,6	1,0

Tabela 1. Valores reais dos níveis utilizados no planejamento fatorial completo

Ensaio	X_1	X_2
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	+
6	+1	-1
7	+1	0
8	+1	+1
9	0	0
10	0	0
11	0	0

Tabela 2. Planejamento fatorial completo (3^2) para a secagem de batata doce

As variáveis respostas avaliadas foram os parâmetros de cor depois da secagem (L^* , a^* e b^*) em relação as amostras pré-tratadas. Os parâmetros de cor das amostras foram

medidos após o processo de secagem utilizando um espectrofotômetro de reflectância difusa MiniScan EZ (HunterLab, MSEZ-4000S, USA). O instrumento com sensor ótico geométrico de esfera, utilizando ângulo de observação de 2°, iluminante principal D75 e escala CIELab. O eixo L* representa a luminosidade, de 0 (preto) a 100 (branco). O parâmetro a* expressa o eixo verde/vermelho (-a*/a*) e b*, o eixo azul/amarelo (-b*/b*). A variação de cor (ΔE^*) das amostras contendo extrato de pinhão, com relação ao controle foi calculada com a Equação (1).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Eq. (1)}$$

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com o modelo polinomial de segunda ordem e os coeficientes de regressão obtidos. O modelo generalizado de segunda ordem utilizado nas análises está descrito na Equação (2).

$$Y_n = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde X_1 e X_2 são variáveis independentes; Y_n a variável dependente e; b_0 , b_1 , b_2 , b_{11} , b_{22} , b_{12} , são os coeficientes de regressão para termos de interceptação, linear, quadrático e interação, respectivamente.

Os modelos de resposta foram avaliados primeiro em relação à significância dos coeficientes do modelo pela aplicação da ANOVA com 5% de significância. Os termos que não mostraram significância em cada modelo foram eliminados e o coeficiente de determinação e o coeficiente de ajuste do modelo (R^2 e R^2_{ajustado}) foram avaliados para definição da composição final do modelo. Se os modelos determinados foram considerados significativos (regressão $p < 0,05$) e sem falta de ajuste ($p > 0,05$), as plotagens de contorno foram finalmente obtidas.

2.4 Modelagem da cinética de secagem

A variação do teor de umidade durante o processo de secagem das amostras de batata doce pré-tratadas, bem como das amostras de controle (sem pré-tratamento), foi representada pelos seguintes modelos matemáticos: Newton, Henderson-Pabis e Page (Equações 3, 4 e 5, respectivamente) (REIS, 2011).

$$MR = \exp(-d \cdot t) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$MR = a \cdot \exp(-b \cdot t) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$MR = \exp(-c \cdot t^n) \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde “MR” é a taxa de umidade; “a”, “b”, “c”, “n” e “d” são constantes dos modelos e “t” é o tempo (min). O ajuste da curva e a análise de regressão foram realizados usando o MATLAB R2013b. Inc, MathWorks Natick, Massachusetts, EUA. O melhor ajuste foi escolhido de acordo com a soma mínima de quadrados devido a erro para o ajuste (SSE, Equação (6)), erro padrão mínimo do ajuste (RMSE, Equação (7)), coeficiente de determinação (R^2) e R^2_{ajustado} (> 0,98 é considerado aqui um ajuste razoável).

$$SSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (y_{ei} - y_{pi})^2 \quad \text{Eq. (6)}$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (y_{ei} - y_{pi})^2 \right]^{1/2} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde y_{ei} é a i-ésima resposta experimental; y_{pi} é a i-ésima resposta prevista e, N é o número de observações.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação do planejamento experimental de secagem

Ensaio	Y_1 (L')	Y_2 (a')	Y_3 (b')	Y_4 (ΔE)
1	71,42 ± 3,60	1,84 ± 0,26	14,03 ± 1,56	14,69
2	72,86 ± 2,74	1,63 ± 0,50	13,30 ± 1,23	11,52
3	70,68 ± 3,31	1,78 ± 0,53	13,97 ± 1,07	11,90
4	74,15 ± 3,34	1,71 ± 0,24	13,65 ± 2,00	14,26
5	67,64 ± 7,60	2,05 ± 0,37	13,36 ± 0,76	17,64
6	62,94 ± 9,09	1,96 ± 0,78	14,26 ± 2,43	16,30
7	61,73 ± 4,96	1,49 ± 0,61	12,76 ± 0,59	25,73
8	57,34 ± 2,16	1,23 ± 0,25	12,935 ± 0,66	28,44
9	66,47 ± 3,39	2,33 ± 0,09	16,122 ± 0,63	16,12
10	71,28 ± 0,96	1,15 ± 0,12	13,84 ± 1,10	14,45
11	71,32 ± 5,39	1,91 ± 0,48	12,36 ± 2,00	17,59

Tabela 3. Planejamento experimental aplicado à secagem de batata-doce: temperatura de secagem (concentração, X_1) e concentração de ácido cítrico (X_2) e as respostas obtidas: parâmetros de cores obtidos após a secagem (L^*_d , a^*_d e b^*_d), e diferenças de cor analisadas após secagem (ΔE_d) em relação à cor das amostras pré-tratadas com ácido cítrico.

Os resultados relacionados à avaliação da cor após secagem de batata doce são apresentados na Tabela 3. Na Tabela 4 são apresentados os resultados da ANOVA obtidos para a análise dos modelos de respostas. Observa-se que as únicas respostas que apresentaram modelos significativos para descrever o comportamento da secagem de batata doce foram a luminosidade determinada após a secagem (L^*), a diferença de cor após a secagem (ΔE_d).

Os resultados dos coeficientes de correlação (R^2 e $R^2_{ajustado}$) indicam que os ajustes foram adequados, sendo a maior parte da variabilidade das respostas explicada pelos modelos. A adequação dos ajustes também foi confirmada com o teste de falta de ajuste ($p > 0,05$). Esses resultados são indicativos de que ambos os modelos podem ser usados para fins de previsão. Na Tabela 5 são apresentados os respectivos coeficientes de regressão.

Modelo		Soma dos quadrados	**GL	Quadrado médio	p-valor
L^*	Regressão	258,2872	5	51,6574	0,011321
	Erro	24,9203	5	4,9841	
$R^2 = 91,201$	Falta de ajuste	9,351	4	2,3378	0,859198
	Erro puro	15,569	2	7,7847	
$R^2_{ajust.} = 82,401$	Total SS	283,208	10		
*Std, Er, = 2,232					
ΔE_d	Regressão	269,3284	5	53,8657	0,003355
	Erro	15,1498	5	3,0300	
$R^2 = 94,674$	Falta de ajuste	10,198	4	2,5496	0,546859
	Erro puro	4,952	2	2,4758	
$R^2_{ajust.} = 89,349$	Total SS	284,478	10		
*Std, Er, = 1,741					

*Std. Er. - Erro padrão da capacidade de previsão de modelos; **GL - Graus de liberdade;

Tabela 4. ANOVA para os modelos que descrevem a luminosidade da batata doce após a secagem (L^*_d) e diferença de cor após a secagem (ΔE_d).

Coefficientes	L^*	p-valor	ΔE_d	p-valor
b_0	70,171	$31,601 \times 10^{-5}$	16,012	$1,926 \times 10^{-3}$
b_1	-5,494	0,040	5,396	0,014
b_1^2	-4,007	0,141	2,085	0,160
b_2	-2,140	0,201	2,121	0,081
b_2^2	-	-	-	-
$b_1.b_2$	-1,214	0,476	3,732	0,042

Tabela 5. Coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Os coeficientes de regressão para o modelo de luminosidade indicam que o único fator significativo ($p < 0,05$) que afeta a resposta foi o coeficiente linear de temperatura de secagem (b_1). Os demais coeficientes que apresentaram $p > 0,05$ não foram removidos da

composição do modelo para manter a capacidade preditiva do mesmo.

O efeito antagonista da temperatura de secagem na luminosidade pode ser observado na Figura 1, onde as superfícies de contorno são mostradas. Observa-se que, na faixa de temperatura de 50 a 60 °C, a luminosidade apresentou valores superiores a 70. É possível identificar uma região localizada entre 52 e 58 °C e abaixo de 0,28% de ácido cítrico que os maiores valores de luminosidade foram previstos (> 72).

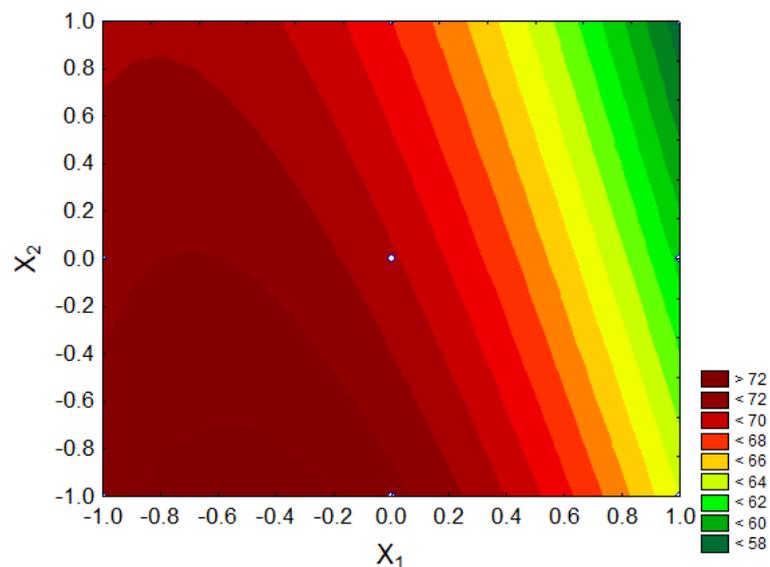


Figura 1. Superfícies de contorno de resposta de Luminosidade (Y_1 , L^*).

A combinação de menor temperatura e menor concentração de ácido cítrico resultou em preservação da luminosidade ou em menor efeito de escurecimento. A redução da luminosidade durante a secagem dos alimentos está relacionada ao desenvolvimento do escurecimento, pela reação de Maillard, que envolve a reação de um aldeído (geralmente um açúcar redutor) e uma amina (geralmente uma proteína ou aminoácido) e é altamente dependente da temperatura (Chua et al., 2000; Rytel et al., 2017). O ácido cítrico atua como um agente de redução do pH do sistema, levando à redução da oxidação do escurecimento (Chaethong and Pongsawatmanit, 2015) e esse efeito foi mais evidenciado até 60 °C, após esta temperatura, uma diminuição significativa no parâmetro L^* foi detectada independentemente de a quantidade de ácido cítrico aplicada.

3.2 Cinética de secagem da batata doce

Na Figura 2 são apresentados os resultados da variação do teor de umidade (proporção de umidade) em amostras de batata doce em função da temperatura de secagem e da concentração de pré-tratamento com ácido cítrico.

Os resultados experimentais sugerem que o processo apresentou comportamento uniforme e contínuo para todas as amostras. A principal diferença verificada foi a menor taxa de secagem observada na amostra de batata doce submetida ao pré-tratamento com ácido cítrico, quando comparada às amostras sem pré-tratamento na mesma temperatura.

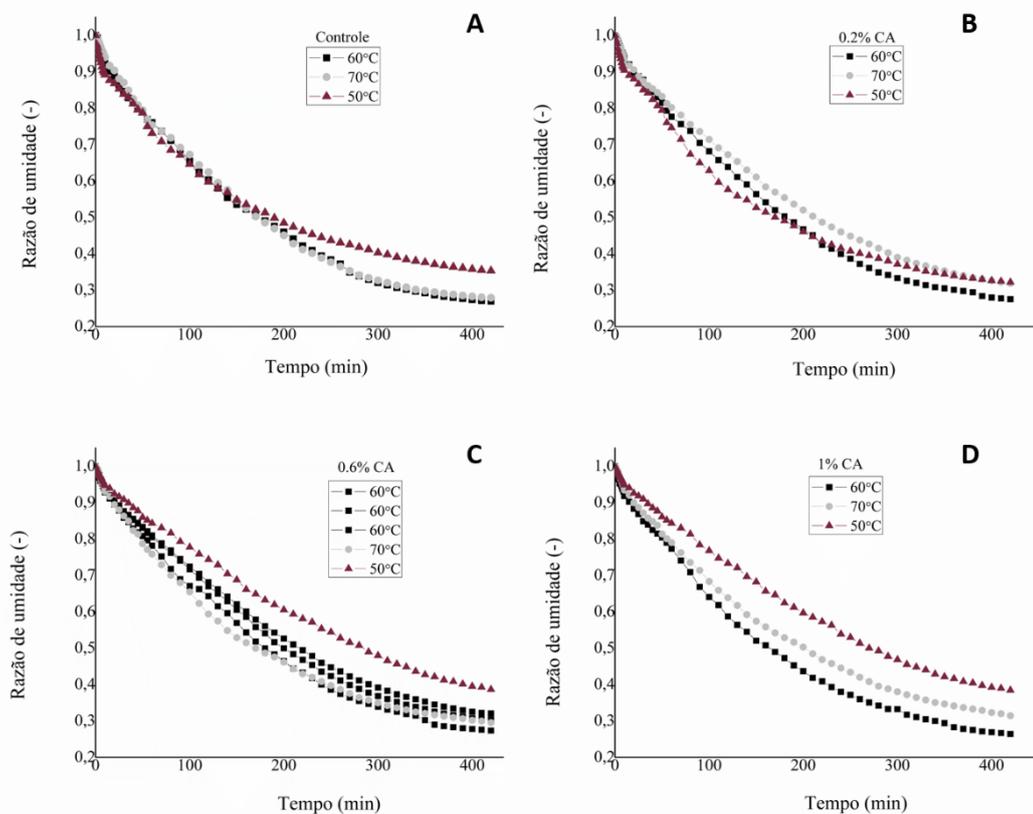


Figura 2. Variação do teor de umidade durante a secagem de batata doce em relação ao Controle (a); 0,2% CA (b); 0,6% CA (c) e, 1% CA (d).

Provavelmente, o ácido cítrico contribuiu para a formação de uma camada de amido reticulado na superfície da batata doce, comprometendo a transferência de massa de água através da superfície externa (Wilpiszewska and Czech, 2014). Quando o amido é reticulado com ácido cítrico, é esperada uma redução na permeação de vapor de água através da estrutura (González Seligra et al., 2016). Esse resultado implicou também em diferenças no tempo de secagem para alcançar o equilíbrio, bem como no teor final de umidade das amostras. Quando a temperatura foi fixada em 70 °C, o equilíbrio foi alcançado aos 420 minutos para a amostra pré-tratada com ácido cítrico e a 400 minutos para a amostra sem pré-tratamento. Para a relação final de umidade alcançada, pode-se observar um valor final igual a 0,325 para a amostra pré-tratada com ácido cítrico a 1% e 0,275 para a amostra controle (sem pré-tratamento).

Na Tabela 6 são mostrados os valores das constantes determinadas a partir dos modelos aplicados aos dados experimentais da cinética de secagem. Como as curvas de secagem tinham uma forma exponencial em todas as temperaturas de trabalho, recomenda-se o uso dos modelos empírico-exponenciais propostos por Newton, Henderson-Pabis e Page (Vega et al., 2007) 60, 70, 80 and 90 \u00b0C with an air flow of 2.0\u00b110.2 m/s. The sorption isotherm of the fresh product was mathematically described by the Guggenheim, Anderson

and de Boer (GAB. É possível observar que os dados experimentais obtidos apresentaram melhor ajuste pelo modelo de Page, uma vez que foram obtidos maiores coeficientes de determinação (R^2 e $R^2_{ajustado}$), menor soma mínima dos quadrados por erro de ajuste (SSE) e menor erro padrão mínimo do ajuste (RMSE). O modelo de Page é uma modificação empírica do modelo de Newton, em que os erros associados ao uso do modelo de Newton são bastante minimizados pela adição de uma constante empírica sem dimensão (n) (Onwude et al., 2016) também descobriram que o modelo de Page descrevia adequadamente a secagem por convecção de fatias de batata doce em um intervalo selecionado de temperaturas do ar de secagem (50 a 60 °C). O modelo de Page também foi determinado como o melhor modelo para descrever a secagem de sólidos alimentares de camada fina sob condições de secagem constantes, como uvas sem sementes (Doymaz & Pala, 2002) e fatias de maçã (Véga-Galvez et al., 2008). Véga-Galvez et al. (2008) descobriram que o modelo de Page apresentava o melhor ajuste para os dados experimentais obtidos na secagem de fatias de maçã entre 40 °C e 80 °C. (Lisboa et al., 2018) observaram um aumento no valor das constantes “b” de Henderson-Pabis e “c” nos modelos de Page, à medida que a temperatura de secagem dos cilindros de batata yacon aumentou. No presente estudo, esse comportamento não pode ser observado para todas as amostras de batata doce.

	50°C	Controle	0,2% CA	0,6% CA	1% CA
Newton	R ²	0,924	0,950	0,995	0,995
	R ² adj	0,924	0,950	0,995	0,995
	SSE	0,203	0,157	0,012	0,012
	RMSE	0,060	0,053	0,015	0,015
	d	0,003	0,003	0,002	0,002
Henderson-Pabis	R ²	0,969	0,975	0,998	0,998
	R ² adj	0,969	0,974	0,998	0,998
	SSE	0,082	0,080	0,004	0,004
	RMSE	0,039	0,038	0,008	0,009
	a	0,916	0,932	0,979	0,979
	b	0,003	0,003	0,002	0,002
Page	R ²	0,996	0,995	0,998	0,998
	R ² adj	0,996	0,995	0,998	0,998
	SSE	0,011	0,017	0,004	0,004
	RMSE	0,014	0,017	0,009	0,008
	c	0,022	0,017	0,004	0,004
	n	0,654	0,708	0,902	0,902
	60°C	Control	0,2% CA	0,6% CA	1% CA
Newton	R ²	0,783	0,775	0,993	0,985
	R ² adj	0,783	0,775	0,993	0,985
	SSE	0,842	0,894	0,024	0,057
	RMSE	0,123	0,126	0,020	0,032
	d	0,004	0,003	0,003	0,004

Henderson-Pabis	R ²	0,818	0,792	0,997	0,992
	R ² adj	0,815	0,788	0,997	0,991
	SSE	0,706	0,829	0,010	0,031
	RMSE	0,113	0,123	0,013	0,023
	a	0,910	0,939	0,972	0,960
	b	0,003	0,003	0,003	0,004
Page	R ²	0,804	0,783	0,998	0,997
	R ² adj	0,801	0,779	0,998	0,997
	SSE	0,761	0,863	0,007	0,011
	RMSE	0,118	0,125	0,011	0,014
	c	0,014	0,009	0,006	0,009
	n	0,755	0,826	0,879	0,826
	70°C	Control	0,2% CA	0,6% CA	1% CA
Newton	R ²	0,986	0,991	0,975	0,983
	R ² adj	0,986	0,991	0,975	0,983
	SSE	0,059	0,038	0,040	0,060
	RMSE	0,032	0,025	0,040	0,032
	d	0,004	0,004	0,004	0,003
Henderson-Pabis	R ²	0,990	0,993	0,983	0,990
	R ² adj	0,990	0,993	0,983	0,989
	SSE	0,059	0,027	0,063	0,036
	RMSE	0,027	0,021	0,033	0,025
	a	0,968	0,974	0,957	0,963
	b	0,003	0,003	0,003	0,003
Page	R ²	0,996	0,997	0,996	0,998
	R ² adj	0,996	0,997	0,996	0,998
	SSE	0,016	0,013	0,014	0,008
	RMSE	0,017	0,015	0,016	0,012
	c	0,040	0,061	0,014	0,009
	n	0,555	0,494	0,699	0,811

Tabela 6. Resultados dos parâmetros de modelagem de secagem obtidos com os modelos Newton, Henderson-Pabis e Page para batatas doce pré-tratadas com ácido cítrico e amostras de controle: secagem a 50, 60 e 70 °C.

4 | CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível verificar que o tratamento com ácido cítrico resultou em uma menor taxa de secagem nas batatas doce do que os demais tratamentos numa mesma temperatura. Já a temperatura de secagem apresentou influência sob alguns parâmetros e, indica-se a temperatura de 60 °C para este procedimento uma vez que a batata doce atinge o equilíbrio de secagem mais rapidamente. Dentre os modelos avaliados, é indicado para previsão do comportamento de secagem da batata doce o modelo de Page por apresentar melhor ajuste experimental, maiores coeficientes de determinação (R² e R²_{ajustado}), menor soma mínima dos quadrados por erro de ajuste (SSE) e menor erro padrão mínimo do ajuste (RMSE).

REFERÊNCIAS

- Argyropoulos, D.; Khan, M. T.; Müller, J. Effect of air temperature and pre-treatment on color changes and texture of dried boletus edulis Mushroom. *Drying Technology*, v. 29, n. 16, p. 1890–1900, 2011.
- Björck, I.; Liljeberg, H.; Ostman, E. Low glycaemic-index foods. *British Journal of Nutrition*, v. 83, p. 149–155, 2000.
- Chaethong, K., Pongsawatmanit, R., 2015. Influence of Sodium Metabisulfite and Citric Acid in Soaking Process after Blanching on Quality and Storage Stability of Dried Chili. *J. Food Process. Preserv.* 39, 2161–2170. doi:10.1111/jfpp.12460
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. Convective drying of banana, guava and potato pieces: effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change. *Dry. Technol.* 18, 907–936.
- Doymaz, Ibrahim, 2010. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples. *Food Bioprod. Process.* 88, 124–132.
- González Seligra, P., Eloy Moura, L., Famá, L., Druzian, J.I., Goyanes, S., 2016. Influence of incorporation of starch nanoparticles in PBAT/TPS composite films. *Polym. Int.* 65, 938–945. doi:10.1002/pi.5127
- IBGE. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2011_v37_br.pdf>
- Khalloufi, S., Kharaghani, A., Almeida-Rivera, C., Nijse, J., van Dalen, G., Tsotsas, E., 2015. Monitoring of initial porosity and new pores formation during drying: A scientific debate and a technical challenge. *Trends Food Sci. Technol.* 45, 179–186. doi:10.1016/j.tifs.2015.06.011
- Lisboa, C.G.C. De, Gomes, J.P., Figueirêdo, R.M.F. De, Queiroz, A.J.D.M., Diógenes, A.D.M.G., Melo, J.C.S. De, 2018. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Effective diffusivity in yacon potato cylinders during drying 1 Difusividade efetiva em batata yacon 564–569.
- Liu, F.-X. et al. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food Chemistry*, v. 138, n. 1, p. 396–405, 2013.
- Onwude, D.I., Hashim, N., Janius, R.B., Nawi, N.M., Abdan, K., 2016. Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 599–618. doi:10.1111/1541-4337.12196
- Queiroz, V. A. V. et al. Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 42, n. 10, p. 1479–1486, 2007.
- Rytel, E., Tajner-Czopek, A., Miedzianka, J., Kita, A., Nemš, A., Hamouz, K., 2017. Acrylamide content in dried coloured-flesh potato products: Effects of drying. *Int. J. Food Prop.* 20, S228–S239. doi:10.1080/10942912.2017.1295255
- Singh, S., Raina, C.S., Bawa, A.S., Saxena, D.C., 2006. Effect of pretreatments on drying and rehydration kinetics and color of sweet potato slices. *Dry. Technol.* 24, 1487–1494. doi:10.1080/07373930600952834
- Souza, J. L.; Resende, P. L. Cultivo Orgânico de Alho, Cenoura, Baroa, Beterraba e Batata-Doce. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2001.
- Vega, A., Uribe, E., Lemus, R., Miranda, M., 2007. Hot-air drying characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) and influence of temperature on kinetic parameters. *LWT - Food Sci. Technol.* 40, 1698–1707. doi:10.1016/j.lwt.2007.01.001
- Wilpiszewska, K., Czech, Z., 2014. Citric acid modified potato starch films containing microcrystalline cellulose

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152
Análise dinâmica 95
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

C

Captura de movimento 10, 58, 59
Cogeração 154, 159, 160
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138
Controlador 119, 120, 122, 123
Corantes 176, 179, 213, 220

D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27
Emissões de gases 127, 154
Energias renováveis 14, 26
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269
Equação Diferenciais 95
Extensão da Vida Útil 28

F

Figuras planas 78, 80, 93
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153
Fluidos 104, 108, 142, 153
Fluido Visco Plástico 103
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136
Gases de Exaustão 134
Gerador termoelétrico 124, 128
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

N

Não linearidades 95, 100

O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**
Editora

2 0 2 0