



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 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, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. 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
Profª Drª 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
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
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 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^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 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. 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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª 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
Profª Drª 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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A639 A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-5706-376-7

DOI 10.22533/at.ed.767201109

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

A área de projetos, simulação bem como o desenvolvimento de novo materiais vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Outra área de grande importância é o estudo das naturezas térmicas, pois devido a mudanças significativas no meio ambiente, gradientes cada vez maiores de amplitude térmica vêm sendo registrados. Estes afetem diretamente a processos, previsões de para projetos e ainda aos custos finais de produtos.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias. Trabalhos envolvendo simulações devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE EQUAÇÃO TEÓRICA NA PREDIÇÃO DE RUGOSIDADE DO AÇO ABNT 1045 SUBMETIDO AO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Mayara Fernanda Pereira

Bruno Souza Abrão

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011091

CAPÍTULO 2..... 8

AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DO AÇO N2711 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Henrique Butzlaff Hübner

Rosemar Batista da Silva

Marcus Antônio Viana Duarte

Eduardo Carlos Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.7672011092

CAPÍTULO 3..... 15

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DO INCONEL 718 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLOS DE DIFERENTES ABRASIVOS CONVENCIONAIS

Rodrigo de Souza Ruzzi

Raphael Lima de Paiva

Otávio de Souza Ruzzi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011093

CAPÍTULO 4..... 22

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE GERADA PELO PROCESSO DE JATEAMENTO EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DO BOCAL À PEÇA

Henrique Butzlaff Hübner

Antonio Favero Filho

Freddy Alejandro Portillo Morales

Mayara Fernanda Pereira

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011094

CAPÍTULO 5..... 31

ENSAIO BALÍSTICO DE LAMINADOS DE AÇO PARA FUTURA APLICAÇÃO EM BLINDAGEM ADD-ON ESPAÇADA

João Pedro Inácio Varela

Ednaldo Gomes da Rocha Júnior

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

DOI 10.22533/at.ed.7672011095

CAPÍTULO 6..... 47

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS BIODEGRADÁVEIS

COMPOSTOS POR FÉCULA DE BATATA (FB), GELATINA BOVINA (GB) E QUITOSANA (QT)

Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Kristy Emanuel Silva Fontes
Elano Costa Silva
Arthur Domingos Mesquita De Morais
Dyana Alves De Oliveira
Théo Martins De Alencar Paiva
Ricardo Alan Da Silva Vieira
Manoel Quirino da Silva Júnior
Francisco Leonardo Gomes de Menezes

DOI 10.22533/at.ed.7672011096

CAPÍTULO 7..... 60

REFLECTIVITY BEHAVIOR IN X-BAND OF MICROWAVE ABSORBERS BASED ON CU SUBSTITUTED NIZN SPINEL NANOCRYSTALLINE FERRITE

Valdirene Aparecida da Silva
Evandro Luis Nohara
Mirabel Cerqueira Rezende

DOI 10.22533/at.ed.7672011097

CAPÍTULO 8..... 71

DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESE PERSONALIZADA DA ATM ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE IMAGEM 3D BIOMECÂNICA A PARTIR DE TOMOGRAFIA

Rafael Ferreira Gregolin
Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia
Ruís Camargo Tokimatsu
João Antônio Pereira
Bruna Beatriz de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.7672011098

CAPÍTULO 9..... 81

PROJETO ROBUSTO DE CIRCUITO *SHUNT* RESSONANTE PARA ATENUAÇÃO PASSIVA DE VIBRAÇÕES EM VIGA COMPÓSITA

Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima

DOI 10.22533/at.ed.7672011099

CAPÍTULO 10..... 93

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE GLP E GNV EM GERADOR À COMBUSTÃO

Paulo Roberto Hahn
Jorge Luis Plácido de Borba
Marco Antônio Frölich
Moisés de Mattos Dias
Elienai Josias Brum Dutra
Monir Göethel Borba
Patrice Monteiro de Aquim

Eduardo Luis Schneider
José Lesina Cezar
Lirio Schaeffer

DOI 10.22533/at.ed.76720110910

CAPÍTULO 11 104

MODELAGEM DE ESCOAMENTOS GÁS-LÍQUIDO INTERMITENTES: CORRELAÇÕES PARA O COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Lucas Avosani
Luiz Eduardo Melo Lima

DOI 10.22533/at.ed.76720110911

CAPÍTULO 12..... 117

RADIAÇÃO TÉRMICA EM SUPERFÍCIES SELETIVAS

Gustavo César Pamplona de Sousa
Raimundo Nonato Calazans Duarte
Wanderley Ferreira de Amorim Júnior
Kelly Cristiane Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110912

CAPÍTULO 13..... 128

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CONTROLE ÓTIMO UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Arthur Henrique Iasbeck
Fran Sérgio Lobato

DOI 10.22533/at.ed.76720110913

CAPÍTULO 14..... 139

CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO CASEIRO:UMA ALTERNATIVA BARATA E EFICIENTE

Ronis Cley Fontes da Silva
Lourivan Carneiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.76720110914

CAPÍTULO 15..... 151

ANÁLISE DA POTÊNCIA ELÉTRICA NA RETIFICAÇÃO DO AÇO ENDURECIDO SAE 52100 EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CORTE

Raphael Lima de Paiva
Rodrigo de Souza Ruzzi
Otávio de Souza Ruzzi
Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110915

SOBRE OS ORGANIZADORES 159

ÍNDICE REMISSIVO..... 160

CAPÍTULO 6

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS BIODEGRADÁVEIS COMPOSTOS POR FÉCULA DE BATATA (FB), GELATINA BOVINA (GB) E QUITOSANA (QT)

Data de aceite: 01/09/2020

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Kristy Emanuel Silva Fontes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3191482294056161>

Elano Costa Silva

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/8216220087299776>

Arthur Domingos Mesquita De Moraes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0679219173335503>

Dyana Alves De Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

Théo Martins De Alencar Paiva

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/9506952856006830>

Ricardo Alan Da Silva Vieira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

Manoel Quirino da Silva Júnior

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

Francisco Leonardo Gomes de Menezes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3229396868250843>

RESUMO: O objetivo deste estudo foi obter e caracterizar filmes biodegradáveis constituídos por quitosana (QT), fécula de batata (FB) e gelatina bovina (GB). Os filmes produzidos foram compostos por quitosana, fécula de batata e gelatina bovina com base em um planejamento experimental empregando o plano ternário de mistura, tendo como fator fixo, a 20% de matéria seca, o sorbitol. As soluções filmogênicas foram obtidas pela técnica casting e, subsequentemente, foram cortados em corpos de prova, para a realização da caracterização mecânica. Esses materiais surgem como alternativa para a substituição dos filmes produzidos a partir de polímeros sintéticos. Os resultados apontaram que a incorporação de quitosana resultou em um aumento na resistência à tração e alongamento na ruptura e uma diminuição no módulo de

Young, além de originar uma estrutura homogênea e compacta. A fécula de batata derivou filmes com altos limites de resistência a tração e módulo de elasticidade, porém de baixo alongamento. Já a gelatina bovina, conferiu as soluções o caráter da flexibilidade, originando baixo limite de resistência a tração e módulo de Young. A partir do que se foi analisado, os resultados expressam que as composições filmogênicas biodegradáveis poderiam ser aplicadas na produção de embalagens para diversas aplicações.

PALAVRAS - CHAVES: Filmes, Biodegradáveis, Caracterização mecânica, Embalagens.

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF BIODEGRADABLE HYBRID FILMS COMPOSED OF POTATO STARCH (PS), BOVINE GELATIN (BG) AND CHITOSAN (CH)

ABSTRACT: The focus of this study was to obtain and characterize biodegradable films consisting of chitosan (CH), potato starch (PS) and bovine gelatin (BG). The films produced were composed of chitosan, potato starch and bovine gelatin based on an experimental design using the ternary mixing plan, with sorbitol as a fixed factor of 20% dry matter. The filmogenic solutions were obtained by the casting technique and, subsequently, were cut into test specimens, to carry out the mechanical characterization. These materials appear as an alternative for the replacement of films produced from synthetic polymers. The results showed that the incorporation of chitosan resulted in an increase in tensile strength and elongation at break and a decrease in Young's modulus, in addition to originating a homogeneous and compact structure. The potato starch derived films with high limits of tensile strength and modulus of elasticity, but with low elongation. Bovine gelatin, on the other hand, gave the solutions the character of flexibility, resulting in a low limit of tensile strength and Young's modulus. Based on what has been analyzed, the results express that biodegradable film-forming compositions could be applied in the production of packaging for various applications.

KEYWORDS: Films, Biodegradables, Mechanical characterization, Packaging.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre as indústrias que contribuem ativamente para a produção de resíduos não biodegradáveis estão às indústrias de embalagens plásticas, cujos plásticos derivados de petróleo refletem cerca de um quinto do volume dos resíduos urbanos [11, 28, 29]. Diversos materiais poliméricos são fabricados com a base de combustíveis fósseis e estes são empregados amplamente na produção de materiais em várias indústrias, com ênfase na de embalagem. Tais produtos são não renováveis e biorecalcitrantes, retratando um severo problema ambiental [2, 4, 17, 22].

A fim de sanar essa questão, ocorreu um acréscimo na produção mundial dos materiais biopoliméricos, estes são biodegradáveis e provenientes de uma imensa variedade de recursos renováveis [8, 9, 31]. Uma das alternativas promissoras é a produção de filmes biodegradáveis. Estes podem ser empregados em embalagens ou incorporados em soluções que contenham polímeros sintéticos para diminuir custos e elevar a disponibilidade dos materiais biodegradáveis com fins comerciais [8, 14, 31].

Inúmeros trabalhos analisaram a fabricação de biopolímeros com base em proteínas (do trigo, do leite, gelatina e colágeno) e polissacarídeos (quitosana, amido e goma xantana) [13]. A gelatina é um polímero natural que se apresenta como um pó quebradiço, translúcido, incolor e quase sem sabor. A gelatina é obtida principalmente da pele e ossos de suínos e bovinos [7]. Por possuir fácil aplicação e alta disponibilidade, é amplamente utilizada na indústria farmacêutica, de alimentos e cosméticos [35]. Quando a gelatina é misturada com um plastificante, como glicerina ou sorbitol, forma filmes fortes, flexíveis, transparentes e impermeáveis ao oxigênio [7].

Os polissacarídeos é uma classe de materiais que se destaca dentre esses materiais ambientalmente sustentáveis. Os biopolímeros, como o amido ou fécula, possuem alta biodegradabilidade, baixo custo, além do fato deste ser um recurso renovável. Todavia, essa classe possui baixa flexibilidade, alta fragilidade, bem como alta absorção de umidade [26]. Apesar dos filmes e revestimentos de polissacarídeos apresentarem adequadas propriedades de barreira contra gases e lipídeos, estes formam uma barreira pobre ao vapor da água [10, 19]. Considerando estes aspectos, diversas linhas de pesquisas buscam melhorias nessas características e plastificantes como glicerol e outros polióis estão sendo incorporados à estas composições de biopolímeros visando um avanço na estrutura e propriedades destes, dentre os quais a fécula de mandioca [18, 29], amido de milho [24,32] e fécula de batata [3,20].

Outro polissacarídeo promissor é a quitosana. Esse polissacarídeo catiônico possui natureza atóxica e biodegradável. É derivada principalmente da reação termoquímica alcalina de desacetilação parcial da quitina, que é farta na natureza e localizada em exoesqueletos de crustáceos como caranguejo, camarão e lagosta, além de outras fontes como insetos, moluscos, fungos e algas [34, 37]. Um excelente filme pode ser aperfeiçoado com as características da quitosana produzindo um polímero adequado para um vasto conjunto de aplicações. Cada aplicação requer um filme de quitosana com propriedades físico-químicas e biológicas específica, incluindo as propriedades térmicas, de barreira, antimicrobiana, mecânica etc. [23].

Diversas pesquisas estão sendo publicadas sobre o estudo de aditivos com a intenção de aperfeiçoar as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes produzidos a partir de fontes biodegradáveis, principalmente amido e gelatina. Alguns autores apostam na utilização de blendas poliméricas, que visam ampliar ou compensar deficiências entres os componentes da mistura [12,21].

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo de obter filmes compostos por quitosana, gelatina bovina e fécula de batata (*Solanum tuberosum*) por meio da técnica *casting* e caracterizá-lo quanto às suas propriedades mecânicas para a substituição de materiais produzidos a partir de polímero sintético. A escolha desses constituintes se deu a partir de sua abundância na região do semiárido e da probabilidade de serem fabricados com as tecnologias adaptadas à realidade da região.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A fécula de batata foi obtida a partir da empresa Kouzina Alimentos Saudáveis (BRASIL). A quitosana foi adquirida da empresa Polymar (BRASIL) com o grau de desacetilação a 97%. A Solução de ácido acético glacial 1 mol.L⁻¹ (PA – 99,7%) foi obtido da empresa IMPEX - Labimpex Indústria e Comércio de Produtos Para Laboratório LTDA. O sorbitol P.S. (C₆H₁₄O₆) foi obtido junto a empresa VETEC Química Fina (BRASIL). A gelatina bovina em pó, incolor e sem sabor foi adquirida da empresa Barbosa Irmãos LTDA (BRASIL).

2.2 Planejamento experimental

Foi utilizado um plano ternário de mistura, com 03 repetições no ponto central, resultando em 16 experimentos, para obtenção de um modelo de segunda ordem. As variáveis independentes utilizadas foram, os percentuais de quitosana (QT), gelatina (GB) e fécula de batata (FB). Enquanto as variáveis dependentes avaliadas foram limite de resistência a tração (LRT), módulo de elasticidade (ME) e alongamento na ruptura (AL). O plastificante sorbitol foi empregado como um elemento constante, a 20% em relação à matéria seca, durante a produção das soluções filmogênicas. O planejamento experimental com valores reais pode ser observado na tabela 1.

Composição dos filmes			
	Quitosana (%)	Fécula (%)	Gelatina(%)
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	0	50	50
5	50	0	50
6	50	50	0
7	33,33	33,33	33,33
8	33,33	33,33	33,33
9	33,33	33,33	33,33
10	33,33	33,33	33,33
11	80	20	0
12	0	80	20
13	80	0	20
14	20	0	80
15	20	80	0
16	0	20	80

Tabela 1: matriz do plano central de mistura com valores reais.

2.3 Produção dos Biofilmes

Os filmes foram produzidos a partir do método *casting* utilizando 3% de massa seca. Os materiais foram pesados em uma balança analítica de precisão digital (AY220 da MARTE) com resolução de 0,0001g do Laboratório De Processos Químicos Da Universidade Federal Rural Do Semiárido (UFERSA). As composições dos filmes foram pré-determinadas a fim de que os filmes obtivessem uma matriz homogênea e coesa possibilitando a realização das caracterizações. Após a preparação das misturas puras de cada biopolímero, a fécula de batata, a quitosana e a gelatina, os volumes de cada solução foram mensurados, com o auxílio de uma proveta graduada, de acordo com a variação dos pontos apresentados na tabela 01. Em seguida, as misturas foram depositadas em bandejas (15 mm x 15 mm) e encaminhadas para secagem em uma estufa com renovação de ar (TE-394/1 da TECNAL) do Laboratório de Análise Química da UFERSA a uma temperatura de 50°C durante 05 horas.

2.3.1 Mistura pura à base de Fécula de Batata

Inicialmente, foram produzidas as misturas puras das composições de fécula de batata, gelatina e quitosana. A fécula de batata, juntamente com o sorbitol e a água destilada foram incorporados sob agitação constante por um agitador magnético com aquecimento (ref. 752a da FISATOM), por aproximadamente 40 min em um banho térmico, a uma temperatura de aproximadamente 90°C, até a completa gelatinização da fécula, com base na metodologia de FADEYBI *et.al* [11].

2.3.2 Mistura pura à base de Gelatina Bovina

A gelatina bovina, inicialmente, foi hidratada por uma hora com 70% da água destilada utilizada para a composição da mistura e em seguida, combinada ao sorbitol e aos 30% de água destilada restantes. Essa combinação foi homogeneizada por um agitador magnético com aquecimento (ref. 752a da FISATOM), por aproximadamente 50 min em um banho térmico, a uma temperatura de aproximadamente 60°C, até a completa gelatinização, empregando a metodologia descrita por FAKHOURI *et.al* [12].

2.3.3 Mistura pura à base de quitosana

A quitosana, juntamente com o sorbitol e o ácido acético (1% em massa) foram incorporados por um agitador magnético com aquecimento (ref. 752a da FISATOM), por aproximadamente 45 min em um banho térmico, a uma temperatura de aproximadamente 90°C, aplicando a metodologia empregada por LIU *et.al* [21].

2.4 Espessura dos Biofilmes

As espessuras dos corpos de prova foram obtidas em cinco pontos aleatórios com um micrômetro analógico da EDA com resolução de 0,01 mm.

2.5 Ensaio Mecânicos

Os corpos de prova com dimensões de 20 mm x 100 mm, foram ensaiados para aquisição das propriedades mecânicas (limite de resistência a tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura) de acordo com a norma ASTM D3039M em uma máquina universal de ensaios (DL 10000 da EMIC), com uma célula de carga de 5kn a uma temperatura de 23°C, com uma velocidade de ensaio de 5 mm.min⁻¹. Cinco corpos de prova foram ensaiados para cada composição do plano ternário de mistura. O parâmetro de escolha para a definição dos filmes a serem empregados em embalagens comerciais (para suporte de alimentos) são as propriedades mecânicas, isso visto que as embalagens necessitam possuir determinado desempenho mecânico que facilite o transporte e a manipulação do produto.

2.6 Análise Estatística

Os dados obtidos através do planejamento foram avaliados com base no software Statistica® 12.5 (StatSoft, Inc., USA). Foi utilizada uma análise dos valores preditos em função dos valores observados para o modelo ajustado de cada resposta. Ao decorrer da realização dos ajustes nos modelos alguns efeitos foram ignorados.

3 | RESULTADOS

3.1 Espessura

Os filmes produzidos apresentaram a espessura entre 0,11 e 0,77 mm. Esse intervalo de espessuras ocorreu em decorrência da composição e concentração de diferentes biopolímeros em cada ensaio analisado. Segundo OLIVEIRA *et.al* [27] e SOUZA *et. al* [33], a variação de espessura poderá derivar de diversas condições, por exemplo: acúmulo ou dispersão do biopolímero, existência de aditivos, porção da solução de filme utilizada, além das técnicas de obtenção, corroborando com as medições obtidas neste estudo, caracterizadas pela composição e concentração de diferentes biopolímeros aplicados em cada solução filmogênica.

3.2 Propriedades Mecânicas

Em um filme biodegradável deve existir determinada resistência mecânica e alongamento apropriado que possibilite a coesão e integridade durante a emissão ou acessão de esforços. Em testes realizados foram obtidos valores de algumas variáveis, Limite de Resistência à Tração (LRT), Módulo de Elasticidade (ME) e Alongamento na Ruptura (AI) e os modelos codificados propostos para descrever o Limite de Resistência

à Tração (LRT), o Módulo de Elasticidade (ME) e o Alongamento na Ruptura (Al) são descritos pelas Eqs. (1), (2) e (3).

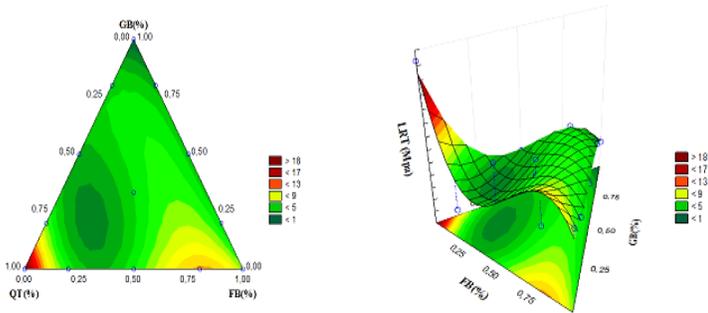
$$LRT = +19,013 \times QT + 7,414 \times FB + 0,791 \times GB - 29,611 \times QT \times FB - 24,698 \times QT \times GB + 1,658 \times FB \times GB + 48,402 \times QT \times FB \times GB - 65,380 \times QT \times FB \times (QT - FB) - 45,152 \times QT \times GB \times (QT - GB) - 13,10 \times FB \times GB \times (FB - GB). \quad (1)$$

$$ME = 59,909 \times QT + 35,957 \times FB + 15,326 \times GB + 3,594 \times QT \times FB - 86,474 \times QT \times GB + 146,691 \times FB \times GB + 40,527 \times QT \times FB \times GB - 443,972 \times QT \times FB \times (QT - FB) - 72,786 \times QT \times GB \times (QT - GB) - 17,590 \times FB \times GB \times (FB - GB). \quad (2)$$

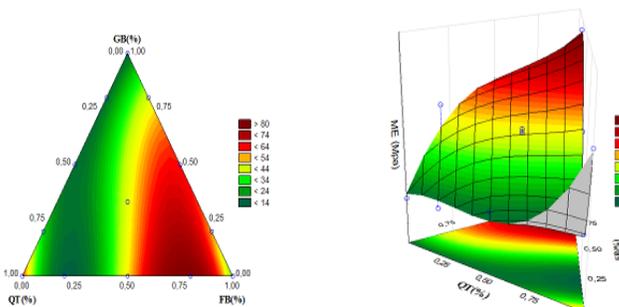
$$AL = +25,745097 \times QT - 6,5942585 \times FB + 34,79610 \times GB + 50,39662 \times QT \times FB + 32,5247 \times QT \times GB - 7,78503 \times FB \times GB - 162,30246 \times QT \times FB \times GB - 78,845571 \times QT \times FB \times (QT - GB) - 27,4721 \times QT \times GB \times (QT - GB) + 1,93716 \times FB \times GB \times (FB - GB). \quad (3)$$

As superfícies de resposta exibidas na Figura 1 foram elaboradas para verificar a interação entre os três componentes dos filmes, que são: a fécula de batata, gelatina bovina e quitosana. As análises são realizadas sobre as propriedades mecânicas, as quais são nomeadas como: (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (Al).

a. Limite de Resistência à Tração (LRT) ($R^2 = 0,98639$)



b. Módulo de Elasticidade (ME) ($R^2 = 0,92640$)



c. Alongamento na Ruptura (AI) ($R^2 = 0,84469$)

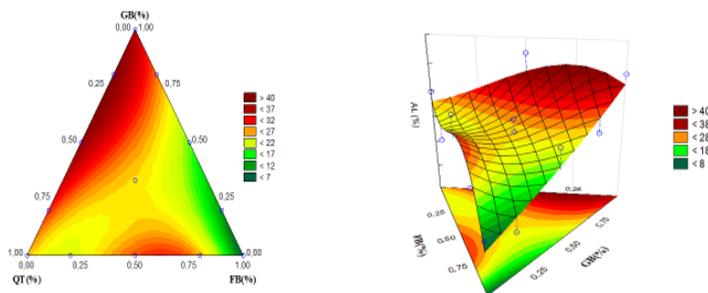


Figura 1: Superfícies de resposta para (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (AI) dos filmes como função da concentração da fécula de batata, gelatina bovina e quitosana.

Analisando a Figura 1 (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), é possível verificar que tanto o teor de fécula de batata, como a gelatina bovina e o teor de quitosana influenciam na resistência das amostras, com base no modelo (Eq. 1). A fécula de batata desempenha um parâmetro linear decrescente. Isso ocorre em virtude de que a fécula possui um caráter de natureza hidrofílica, juntamente ao sorbitol, resultando em um filme de característica frágil, como visto anteriormente na Tabela 1. REN *et. al* [30] observou que a fécula de batata concede a matriz do filme elevada fragilidade em decorrência dos processos de absorção de água que podem acarretar o desenvolvimento de concentradores de tensão, originando os defeitos, derivados do processo em questão, alterando as propriedades mecânicas do filme e reduzindo a resistência mecânica.

Por outro lado, a quitosana desempenha um parâmetro linear crescente. Isso implica que a adição de quitosana proporciona um aumento expressivo no LRT dos filmes. BOURTOOM e CHINNAN [6] explicam que a melhora do LRT é alcançada devido a uma elevada formação de ligação de hidrogênio intermolecular entre NH_3^+ da espinha dorsal da quitosana e OH^- da fécula de mandioca. Os grupos amina (NH_2) da quitosana foram prolongadas para NH_3^+ na solução de ácido acético, e por outro lado, as estruturas cristalinas ordenadas das moléculas de fécula foram desfeitas devido o processo de gelatinização, derivando nos grupos OH^- sendo submetido a formar imediatamente ligações de hidrogênio com NH_3^+ da quitosana, elevando assim o LRT dos filmes.

Os filmes produzidos a partir da gelatina bovina deveriam possuir uma estrutura rígida e frágil devido a soma das interações entre cadeias de proteínas, porém, WIHODO e MORARU [36] comprovam que a utilização do plastificante sorbitol nesse estudo cedeu à matriz de Gelatina bovina uma estrutura com alta extensibilidade e flexível, isso devido ao baixo peso molecular do sorbitol originando uma maior mobilidade entre as moléculas dessa matriz, contribuindo para um baixo LRT quando comparado às outras formulações.

No caso dos filmes de quitosana com a adição de gelatina, estes permitem o desenvolvimento de uma rede com propriedades funcionais mais altas. CAVA-ESTRADA *et. al* [7], confirmam que as propriedades mecânicas aprimoradas das misturas proteína-polissacarídeo são atribuídas às interações intermoleculares múltiplas e fortes (por ligação de hidrogênio, formação de ligação dipolo-dipolo e efeitos de carga) entre grupos hidroxila das cadeias poliméricas.

De acordo com a Equação 2 e a Figura 1 (b) Módulo de Elasticidade (ME) é possível observar que tanto a quitosana, como a fécula de batata e a gelatina bovina possuem influência sobre o ME. Além da estabilidade mecânica, outros fatores devem ser considerados, como os valores da elasticidade, a qual é uma propriedade relevante para o uso dos filmes. AHMED E IKRAM [1] conferiram que o efeito do plastificante interfere na cadeia polimérica, diminuindo as forças intermoleculares suavizando a rigidez do filme e aumentando a mobilidade do polímero, o que também foi comprovado neste modelo. A mistura da quitosana com a gelatina bovina aumentou os valores de estabilidade mecânica, porém subtraiu a estabilidade do filme, o que pode ser comprovado pela superfície de resposta apresentada na Figura 1. NANDI [25] demonstra que a interação da fécula de batata com quitosana exibe altos valores de elasticidade e que a baixa mobilidade da cadeia dos componentes aumentou o valor percentual de Módulo de Elasticidade.

Com base na Equação 3 e analisando a Figura 1 (c) Alongamento na Ruptura (AI) os três componentes influenciam no alongamento dos filmes. A quitosana exerce o parâmetro linear crescente. Isso ocorre por influência da sua elevada flexibilidade, como citado anteriormente. Alongamento na ruptura dos filmes de quitosana e fécula de batata elevou-se de acordo com o aumento da concentração de quitosana, porém diminuiu com a mais alta concentração de quitosana analisada. A taxa de flexibilidade dos filmes é decorrente da concentração de quitosana e devido à interação das cadeias plastificantes e poliméricas que facilitam o deslizamento da corrente e contribuem assim para aperfeiçoar a flexibilidade geral e a mobilidade da cadeia. Já o com presença da fécula se verifica que estas satisfazem o parâmetro linear decrescente. LIU *et. al* [21] afirma que isso se deve, possivelmente, em função da sua hidrofiliçidade que fragiliza a amostra e compromete a plasticidade dos filmes. SUDERMAN *et. al* [35] afirma que a plasticidade de um filme pode ser alcançada pela composição de um polímero com um composto de baixo peso molecular ou com outro polímero que reduza a cristalização e aumente a flexibilidade da cadeia e que o plastificante reduz a interação molecular, aumentando assim, os espaços moleculares, ocasionando maior alongamento dos filmes. Assim, a superfície de resposta analisada (Figura 1 (c)) exibe que a interação entre gelatina (GB) e quitosana (Q) elevou os valores dessa propriedade. A gelatina se apresenta como o polímero de baixo peso com características plastificantes, o que contribui para o aumento da propriedade em análise, além da porcentagem de 20% de adição de plastificante como o sorbitol, utilizado neste estudo também contribui para o aumento do alongamento.

3.2.1 Valores preditos e valores observados

Inicialmente, é possível observar que os valores de R^2 das propriedades mecânicas dos filmes quitosana, fécula de batata e gelatina bovina, contidos na Tabela 3, foram elevados resultando em uma baixa diferença entre os valores preditos e observados. Na Figura 2, é possível observar a dispersão dos valores observados em relação aos valores preditos.

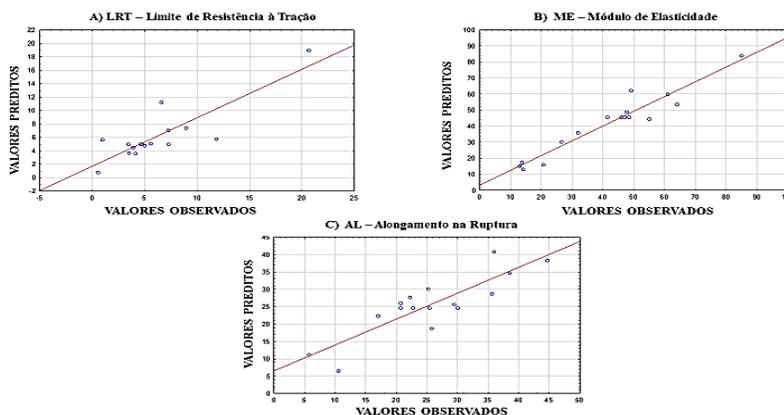


Figura 2: Gráficos de valores preditos e valores observados para (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (AL) dos filmes como função da concentração da fécula de batata, gelatina bovina e quitosana.

Na Figura 2 é possível observar a diferença entre os valores preditos e observados. É evidente que o modelo cúbico escolhido foi o mais ajustável a essa análise, além de sua capacidade em predição das propriedades mecânicas dos filmes para as composições de fécula de batata, gelatina bovina e quitosana empregadas no estudo realizado. Tanto na Figura 2 a) LRT (MPa) como na Figura 2 b) ME (%), como na figura 2 c) AL é possível observar uma dispersão dos valores observados ao longo da reta de valores preditos e isso é caracterizado pelo elevado valor de R^2 , corroborando que os modelos obtidos são adequados para predição.

4 | CONCLUSÕES

As soluções filmogênicas de fécula de batata, quitosana e gelatina bovina ofereceram características adequadas para a obtenção de filmes biopoliméricos. Os filmes de quitosana e fécula de batata apresentaram melhores propriedades mecânicas, com a elevação destas concentrações, maiores propriedades mecânicas foram atingidas.

Os modelos utilizados para análise foram significativos e confirmaram que os teores de quitosana e fécula de batata interferem em todas as propriedades mecânicas analisadas como visto nos gráficos de modelos preditos em relação aos observados.

A partir desse estudo é possível observar que os filmes compostos por fécula de batata podem melhorar o seu desempenho com a adição de determinadas concentrações de quitosana permitindo o desenvolvimento de filmes para uso como filmes de embalagem de diversas aplicações.

REFERÊNCIAS

1. AHMED, S., & IKRAM, S. **Chitosan and gelatin based biodegradable packaging films with UV-light protection**. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 163, 115–124, 2016.
2. AZEREDO, H. M. C.; ROSA, M. F.; MATTOSO, L. H. C. **Nanocellulose in bio-based food packaging applications**. *Industrial Crops and Products*, [s. l.], v. 97, p. 664-671, 2017.
3. BALAKRISHNAN, P.; SREEKALA, M. S.; KUNAVAR, M.; HUSKIĆ, M.; THOMAS, S. **Morphology, transport characteristics and viscoelastic polymer chain confinement in nanocomposites based on thermoplastic potato starch and cellulose nanofibers from pineapple leaf**. *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 169, p. 176–188, 2017.
4. BALDWIN, E.A.; HAGENMAIER, R; BAI, J (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 415p, 2011.
5. BOURTOOM, T.; CHINNA, M.S.; **Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film**. *LWT-Food Sci. Technol.* 41 (2008) 1633–1641.
6. CALVA-ESTRADA, S.; JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ, M.; LUGO, E. **Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging**. *Food Engineering Reviews*, 2019. 11. 78-92. 10.1007/s12393-019-09189-w.
7. DAS, O.; BHATTACHARYYA, D.; SARMAH, A. K. **Sustainable eco-composites obtained from waste derived biochar: a consideration in performance properties, production costs, and environmental impact**. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 129, p. 159-168, 2016.
8. DICKER, M. P. M.; DUCKWORTH, P. F.; BAKER, A. B.; FRANCOIS, G.; HAZZARD, M. K.; WEAVER, P. M. **Green composites: A review of material attributes and complementary applications**. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, [s. l.], v. 56, p. 280–289, 2014.
9. ELSABEE, M. Z.; ABDUO, E. S. **Chitosan based edible films and coatings: A review**. *Materials Science and Engineering C*, v. 33, n. 4, p. 1819–1841, 2013.
10. FADEYIBI, A.; OSUNDE, Z. D.; AGIDI, G.; EVANS, E. C. **Flow and strength properties of cassava and yam starch-glycerol composites essential in the design of handling equipment for granular solids**. *Journal of Food Engineering*, [s. l.], v. 129, p. 38-46, 2014.

11. FAKHOURI, F. M.; MARTELLI, S. M.; CAON, T.; VELASCO, J. I.; MEI, L. H. I. **Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes.** *Postharvest Biology and Technology*, 2015. 109, 57–64.
12. FERNANDES, A. P. S.; COSTA, J. B.; SOARES, D. S. B.; MOURA, C. J. DE; SOUZA, A. R. M. DE. **Application of biodegradable films produced from irradiated whey protein concentrate.** *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia-GO*, v. 45, n. 2, p. 192-199, 2015.
13. GANIARI, S.; CHOULITOU, E.; OREOPOULOU, V. **Edible and active films and coatings as carriers of natural antioxidants for lipid food.** *Trends in Food Science and Technology*, v. 68, p. 70-82, 2017.
14. GURUNATHAN, T.; MOHANTY, S.; NAYAK, S. K. **A Review of the Recent Developments in Biocomposites Based on Natural Fibres and Their Application Perspectives.** *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, [s. l.], v. 77, p. 1–25, 2015.
15. KOROL, J.; BURCHART-KOROL, D.; PICHLAK, M. **Expansion of environmental impact assessment for eco-efficiency evaluation of biocomposites for industrial application.** *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 113, p. 144-152, 2016.
16. LIANG, J.; LUDESCHER, R. D. **Effects of glycerol on the molecular mobility and hydrogen bond network in starch matrix.** *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 115, p. 401–407, 2015.
17. LIU, H. H.; ADHIKARI, R.; GOU, Q. P.; ADHIKARI, B. **Preparation and characterization of glycerol plasticized (high-amylose) starch-chitosan films.** *J. Food Eng.* 116(2013) 588–597.
18. LÓPEZ, O. V. LECOT, C. J.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M. A. **Biodegradable packages development from starch-based heat sealable films.** *Journal of Food Engineering*, v. 105, n. 02, p. 254-263, 2011.
19. MUJTABA, M., MORSI, R. E., KERCH, G., ELSABEE, M. Z., KAYA, M., LABIDI, J., & KHAWAR, K. M. **Current advancements in chitosan-based film production for food technology; A review.** *International Journal of Biological Macromolecules*. V.121, 889-904, 2019.
20. MUSCAT, D.; TOBIN, M. J.; GUO, Q.; ADHIKARI, B. **Understanding the distribution of natural wax in starch-wax films using synchrotron-based FTIR (S-FTIR).** *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 102, p. 125–135, 2014.
21. NANDI, S., & GUHA, P. **Modelling the effect of guar gum on physical, optical, barrier and mechanical properties of potato starch based composite film.** *Carbohydrate Polymers*, 200, 498–507, 2018.
22. NARKCHAMNAN, S.; SAKDARONNARONG, C. **Thermo-molded biocomposite from cassava starch, natural fibers and lignin associated by laccase-mediator system.** *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 96, p. 109–117, 2013.
23. OLIVEIRA, V.R.L.; MONTEIRO, M. K. S.; SANTOS F.K.G.; LEITE R.H.L.; AROUCHA, E.M.M. **Effect of Drying Temperature in Biopolymeric Films of Cassava Starch and its Effect on Wettability, Water Vapor Barrier and Mechanical Properties.** *Materials Science Forum*, 2018. ISSN: 1662-9752, Vol. 930, pp 270-275.

24. PRACHAYAWARAKORN, J.; CHAIWATYOTHIN, S.; MUEANGTA, S.; HANCHANA, A. **Effect of jute and kapok fibers on properties of thermoplastic cassava starch composites.** *Materials & Design*, [s. l.], v. 47, p. 309-315, 2013.
25. RAMÍREZ, M. G. L.; KESTUR, S. G.; GONZÁLEZ, R. M.; IWAKIRI, S.; MUNIZ, G. B.; SAHAGUN, T. S. F. **Bio-composites of cassava starch-green coconut fiber: Part II - Structure and properties.** *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 102, p. 576–583, 2014.
26. REN, L.; YAN, X.; ZHOU, J. **Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan.** *Journal of Biological Macromolecules*. 105 (2017) 1636–1643.
27. ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition.** Taylor & Francis. CRC Press, 3ª edição, 2012.
28. SALEH, M. A.; HARON, M. H. A.; SALEH, A. A.; FARAG, M. **Fatigue behavior and life prediction of biodegradable composites of starch reinforced with date palm fibers.** *International Journal of Fatigue*, [s. l.], v. 103, p. 216–222, 2017.
29. SOUZA, C. O. D.; SILVA, L. T.; DRUZIAN, J. I. **Estudo comparativo da caracterização de filmes biodegradáveis de amido de mandioca contendo polpa de manga e acerola.** *Química Nova*, 35(2), 2012, 262-267.
30. SPITIA, P. J. P. et al. **Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review.** *Food Hydrocolloids*, 35(2014): 287-296, 2014.
31. SUDERMAN, N., ISA, M. I. N., & SARBON, N. M. **The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review.** *Food Bioscience*, 24, 111–119, 2018.
32. WIHODO, M.; MORARU, C. (2013). **Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review.** *Journal of Food Engineering*. 114. 292–302.
33. ZARGAR, V.; ASGHARI, M.; DASHTI, A. **A Review on Chitin and Chitosan Polymers: Structure, Chemistry, Solubility, Derivatives, and Applications.** *ChemBioEng Reviews*, v. 2, p. 204-226, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acabamento 2, 3, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 22, 25, 28, 75, 151, 152

Aço Carbono 22, 25

Aço N2711 8, 13

Algoritmos 128, 129, 131

Aplicações Matemáticas 128

Atmosfera de Corte 19, 151, 152, 154, 155, 156, 157

B

Biodegradável 49, 52

Biomodelos 71, 73

Blindagem 31, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 45, 46

C

Caracterização Mecânica 47, 48

Carbeto de Silício 15, 16, 17, 18, 19, 20

Circuitos Shunt Piezelétricos 81

Coefficiente Convectivo 104, 106, 110

Coletor Solar 117, 126

Controle Ótimo 91, 128, 129, 130, 135, 138

Controle Passivo 81, 82, 86, 91

Correlações 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

D

Distância de Aplicação 22, 24, 25, 29

E

Elementos Finitos 71, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 92

Embalagens 48, 52, 96

Energia Renovável 94, 101

Escoamento Multifásico 104

G

Gás Liquefeito de Petróleo 94, 96, 102, 103

Gás Natural Veicular 94, 95, 97

Grupo Motor-Gerador 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102

I

Imagem Médica 71

Inconel 718 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Integridade da Superfície 8

J

Jateamento 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

L

Laminados de Aço 31, 32, 36, 39

M

Materiais Absorvedores 60, 61, 70

Material Compósito 81, 82, 85, 86

Modelagem 71, 72, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 92, 104, 138, 141, 143

Modelo Teórico 1, 2

Módulos Balísticos 31

N

Nanopartículas 61

P

Padrão Intermitente 104, 105, 107, 108

Penetração de Trabalho 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Potência Elétrica 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Propagação de Incertezas 81

Próteses 71, 73

R

Radiação Térmica 117, 118, 119, 122, 123, 126

Refletividade 60, 61, 122, 123, 124, 126

Retificação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 28, 29, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Rugosidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 151

S

Superfícies Seletivas 117, 118, 127

T

Teodolito 139, 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Transferência de Calor 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 118, 126, 127

V

Velocidade da Peça 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 17, 18, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora

Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020