



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**

**AMPLIAÇÃO E
APROFUNDAMENTO
DE CONHECIMENTOS NAS
ÁREAS DAS ENGENHARIAS**



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**

**AMPLIAÇÃO E
APROFUNDAMENTO
DE CONHECIMENTOS NAS
ÁREAS DAS ENGENHARIAS**

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: Natália Sandrini de Azevedo

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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
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
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
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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
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
Profª Drª 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
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 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
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª 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. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 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. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 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
 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. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 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)**

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-74-4

DOI 10.22533/at.ed.744200804

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em “Ampliação e Aprofundamento de Conhecimentos nas Áreas das Engenharias” vocês encontrarão dezenove capítulos que demonstram que as fronteiras nas engenharias continuam sendo ampliadas.

A engenharia aeroespacial brasileira vem realizando muitos estudos para a melhoria nos processos de construção de satélites e temos nesta obra quatro capítulos demonstrando isso.

Na engenharia elétrica e na computação temos quatro capítulos demonstrando empenho no aprofundamento de pesquisas envolvendo temas atuais.

A engenharia de materiais e a engenharia química trazem quatro capítulos com pesquisas na produção de novos materiais e produção de medicamentos.

Pesquisas na engenharia de produção temos três capítulos que demonstram o empenho na análise de qualidade da produção industrial.

Os demais capítulos apresentam boas pesquisas em engenharia civil, engenharia mecânica e engenharia agrícola.

Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA PRONTIDÃO DA ORGANIZAÇÃO DE AIT DE SATÉLITES ARTIFICIAIS PARA O ATENDIMENTO DE REQUISITOS DE SEUS STAKEHOLDERS	
Isomar Lima da Silva Andreia Fátima Sorice Genaro José Wagner da Silva Elaine de Souza Ferreira de Paula Bruno da Silva Muro	
DOI 10.22533/at.ed.7442008041	
CAPÍTULO 2	13
EMPREGO DOS PARÂMETROS DE LAMINAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE PAINÉIS REFORÇADOS EM COMPÓSITOS SUBMETIDOS A CARGAS COMPRESSIVAS	
Hélio de Assis Pegado Laura Tameirão Sampaio Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.7442008042	
CAPÍTULO 3	30
AN OVERVIEW OF THE BFO - BASIC FORMAL ONTOLOGY - AND ITS APPLICABILITY FOR SATELLITE SYSTEMS	
Adolfo Americano Brandão Geilson Loureiro	
DOI 10.22533/at.ed.7442008043	
CAPÍTULO 4	39
COLETA DE REQUISITOS DO SUBSISTEMA BAZOOKA CANSAT UTILIZADO NO SEGUNDO CUBEDESIGN	
Daniel Alessander Nono Anderson Luis Barbosa Bruno Carneiro Junqueira André Ferreira Teixeira Aline Castilho Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.7442008044	
CAPÍTULO 5	47
CENTRAIS HIDROCINÉTICAS COMO MEIO PARA A REESTRUTURAÇÃO DEMOCRÁTICA DO SETOR ELÉTRICO	
Luiza Fortes Miranda Geraldo Lucio Tiago Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7442008045	
CAPÍTULO 6	60
DE KAOS PARA SYSML NA MODELAGEM DE SISTEMAS EMBARCADOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Timóteo Gomes da Silva Fernanda Maria Ribeiro de Alencar Aêda Monalizza Cunha de Sousa Brito	
DOI 10.22533/at.ed.7442008046	

CAPÍTULO 7	68
INTERNET OF THINGS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA	
Tatiana Pereira Filgueiras	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7442008047	
CAPÍTULO 8	77
AVALIAÇÃO DE TOPOLOGIAS DE FONTES DE CORRENTE EM BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	
David William Cordeiro Marcondes	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7442008048	
CAPÍTULO 9	97
OBTENÇÃO DE BIODIESEL POR MEIO DA TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA UTILIZANDO CATALISADOR DE KOH/Al ₂ O ₃ EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES	
Laís Wanderley Simões	
Normanda Lino de Freitas	
Joelda Dantas	
Elvia Leal	
Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes	
Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.7442008049	
CAPÍTULO 10	113
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS PRODUZIDOS POR AMIDO DE MILHO E QUITOSANA	
Francielle Cristine Pereira Gonçalves	
Kilton Renan Alves Pereira	
Rodrigo Dias Assis Saldanha	
Simone Cristina Freitas de Carvalho	
Vitor Rodrigo de Melo e Melo	
Kristy Emanuel Silva Fontes	
Richelly Nayhene de Lima	
Magda Jordana Fernandes	
Elano Costa Silva	
Thaynon Brendon Pinto Noronha	
Liliane Ferreira Araújo de Almada	
Paulo Henrique Araújo Peixôto	
DOI 10.22533/at.ed.74420080410	
CAPÍTULO 11	125
SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF SODIUM DODECYL SULFATE (DDS) MODIFIED LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (HDL) AS MATRIX FOR DRUG RELEASE	
Amanda Damasceno Leão	
Mônica Felts de La Rocca	
José Lamartine Soares Sobrinho	
DOI 10.22533/at.ed.74420080411	
CAPÍTULO 12	134
THIN PLATE SPLINE INTERPOLATION METHOD APPLICATION TO PREDICT THE SUNFLOWER OIL INCORPORATION IN POLY (ACRYLIC ACID)-STARCH FILMS	
Talita Goulart da Silva	
Débora Baptista Pereira	
Vinícius Guedes Gobbi	

Layla Ferraz Aquino
Thassio Brandão Cubiça
Matheus Santos Cunha
Tiago dos Santos Mendonça
Sandra Cristina Dantas
Roberta Helena Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.74420080412

CAPÍTULO 13 152

GESTÃO ESTRATÉGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA EMPRESA DE MANUTENÇÃO JL AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Francely Cativo Bentes
David Barbosa de Alencar
Marden Eufrasio dos santos

DOI 10.22533/at.ed.74420080413

CAPÍTULO 14 162

OTIMIZAÇÃO DOS INSPETORES ELETRÔNICOS NA PRODUÇÃO DE TAMPAS METÁLICAS NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Elisabete Albuquerque de Souza
David Barbosa de Alencar
Marden Eufrasio dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.74420080414

CAPÍTULO 15 174

CONTROLE DE QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO DE SEIS E OITO FUROS DAS OLARIAS DO AMAPÁ

Daniel Santos Barbosa
Adler Gabriel Alves Pereira
Orivaldo de Azevedo Souza Junior
Ruan Fabrício Gonçalves Moraes
Paulo Victor Prazeres Sacramento

DOI 10.22533/at.ed.74420080415

CAPÍTULO 16 190

REAPROVEITAMENTO DE TOPSOIL COMO MEDIDA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves
Fabiano Battemarco da Silva Martins
Ronaldo Machado Correia

DOI 10.22533/at.ed.74420080416

CAPÍTULO 17 199

AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: COMPARAÇÃO ENTRE A NBR 9452/2019 E O MÉTODO ESLOVENO

Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti

DOI 10.22533/at.ed.74420080417

CAPÍTULO 18 208

DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA MÍNIMA EXIGIDA DO ACIONAMENTO PRINCIPAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA

José Joelson de Melo Santiago
Carlos Cássio de Alcântara
Daniel Nicolau Lima Alves

Jackson de Brito Simões

DOI 10.22533/at.ed.74420080418

CAPÍTULO 19 220

CONSTRUÇÃO, INSTRUMENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE UM TÚNEL DE VENTO DIDÁTICO DE CIRCUITO FECHADO

Lucas Ramos e Silva

Guilherme de Souza Papini

Rafael Alves Boutros

Romero Moreira Silva

Wender Gonçalves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.74420080419

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 236

ÍNDICE REMISSIVO 237

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS PRODUZIDOS POR AMIDO DE MILHO E QUITOSANA

Data de aceite: 27/03/2020

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Kilton Renan Alves Pereira

Universidade Potiguar- UNP

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/4652377904548613>

Rodrigo Dias Assis Saldanha

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

Simone Cristina Freitas de Carvalho

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/4353144232987436>

Vítor Rodrigo de Melo e Melo

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/0892282595815754>

Kristy Emanuel Silva Fontes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/3191482294056161>

Richelly Nayhene de Lima

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/5885181406142070>

Magda Jordana Fernandes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/7287321742260771>

Elano Costa Silva

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/8216220087299776>

Thaynon Brendon Pinto Noronha

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/0326255573872508>

Liliane Ferreira Araújo de Almada

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/9699485586577114>

Paulo Henrique Araújo Peixôto

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA

Mossoró, Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/0240365101647773>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi obter e caracterizar mecanicamente os filmes produzidos a partir do amido de milho e da quitosana como alternativa para a substituição dos filmes produzidos a partir de polímeros sintéticos. Os filmes foram produzidos por amido de milho e quitosana a partir de um planejamento experimental com variações de matéria seca utilizando a técnica casting. As misturas foram preparadas através da combinação do amido de milho com a água destilada e a solução de quitosana foi produzida a partir da diluição do ácido acético, à 1%. Em ambas as soluções ocorreu a incorporação do plastificante glicerol à 20%. 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. Os resultados indicam que estes filmes biodegradáveis poderiam ser utilizados como filmes de embalagens para diversas aplicações.

PALAVRAS – CHAVE: Filmes, Biodegradáveis, Embalagens.

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF HYBRID FILMS PRODUCED BY CORN STARCH AND CHITOSAN

ABSTRACT: The focus of this study was to obtain and characterize mechanically the films reproduced from corn and chitosan as an alternative for the replacement of films recorded from synthetic polymers. The films were used by means of corn and chitosan from an experimental design with changes in dry matter, using a technical casting. As the mixtures were prepared by combining corn starch with distilled water and a chitosan solution, they were burned from the 1% dilution of acetic acid. In both solutions, a 20% incorporation of plasticizer glycerol occurred. The results showed that the incorporation of chitosan resulted in an increase in resistance to changes and an increase in rupture and a decrease in Young's modulus. The results that these biodegradable films can use as packaging films for various applications.

KEYWORDS: Films, Biodegradable, Packaging.

1 | INTRODUÇÃO

Diversas questões ambientais atentam os comandos mundiais, em meio a elas o aumento populacional, o colapso dos recursos e a crescente na produção de resíduos são as basais. Dentre as indústrias que contribuem ativamente para a produção de resíduos não biodegradáveis estão as indústrias de embalagens plásticas, cujos plásticos derivados de petróleo refletem cerca de um quinto do volume dos resíduos urbanos (RAMÍREZ *et al.*, 2011; PRACHAYAWARAKORN *et al.*, 2013; FADEYIBI *et al.*, 2014).

Com isso, para que esses problemas fossem sanados, ocorreu um aumento quanto a procura por materiais que beneficiem o desenvolvimento sustentável

limitando os impactos ambientais (KOROL; BURCHART-KOROL; PICHLAK, 2015). É possível obter tais materiais com base em muitos resíduos, além de diversos deles possuírem o caráter renovável, diminuindo a formação de resíduos, poluição e gases de efeito estufa (GURUNATHAN; MOHANTY; NAYAK, 2015; DAS; BHATTACHARYYA; SARMAH, 2016).

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 (KOROL; BURCHART-KOROL; PICHLAK, 2015; AZEREDO; ROSA; MATTOSO, 2017).

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 (DICKER *et al.*, 2014).

Um 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 (GANIARI; CHOULITOU DI; OREOPOULOU, 2017). O emprego de filmes e revestimentos biodegradáveis proporciona vários benefícios, tais como: origem não poluente, adequadas propriedades mecânicas, alta capacidade de barreira, apropriados atributos sensoriais, simples aplicação, estabilidade microbiana e utilização de matérias-primas de baixo custo de obtenção e processamento (BALDWIN *et al.*, 2011; SPITIA *et al.*, 2014). As propriedades dos filmes biodegradáveis podem variar com base na composição, obtenção, aplicação, espessura e o acondicionamento (ROBERTSON, 2012).

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) (FERNANDES *et al.*, 2015). 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 (SHAKILA, *et al.*, 2012). Por possuir fácil aplicação e alta disponibilidade, é amplamente utilizada na indústria farmacêutica, de alimentos e cosméticos (EBNESAJJAD, 2012). Quando a gelatina é misturada com um plastificante, como glicerina ou sorbitol, forma filmes fortes, flexíveis, transparentes e impermeáveis ao oxigênio (ZHAO *et al.*, 2008). 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 (NARKCHAMNAN; SAKDARONNARONG, 2013). 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 (ELSABEE; ABDU, 2013; LECETA et al., 2015). 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 (RAMÍREZ et al., 2011, 2014; LARA; SALCEDO, 2016), amido de milho (MUSCAT et al., 2014; SALEH et al., 2017) e fécula de batata (LIANG; LUDESCHER, 2015; BALAKRISHNAN et al., 2017).

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 (ZARGAR et al., 2015). 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 específicas, incluindo as propriedades térmicas, de barreira, antimicrobiana, mecânica e etc. (MUJTABA et al., 2019).

Nesse contexto, este trabalho 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 físicas, mecânicas e óticas. A escolha desses constituintes se deu a partir de sua abundância na região do semi-árido e da probabilidade de serem fabricados com as tecnologias adaptadas à realidade da região.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O amido de milho foi adquirido da empresa 3 Corações Alimentos S.A. (Brasil). A quitosana foi adquirida da empresa Polymar (Brasil) e os plastificantes, água destilada e glicerol (Dinâmica Química Contemporânea, São Paulo, Brasil), foram utilizados na produção dos biofilmes.

2.2 Planejamento experimental

Foi utilizado um planejamento experimental com variação da quantidade de matéria seca, possuindo 3 repetições do ponto central, resultando em 11 experimentos, a fim de obter um modelo de segunda ordem. As variáveis independentes utilizadas

foram, as composições de quitosana (QT) e amido de milho (AM). Enquanto as variáveis dependentes avaliadas foram limite de resistência a tração (LRT), módulo de elasticidade (ME) e alongamento na ruptura (AL). O planejamento experimental com valores reais e codificados podem ser observados na Tabela 1.

ENSAIO	AM. (%)	QT. (%)	LRT (MPa)	ME (MPa)	AL (%)
I	0 (-1)	3 (+1)	32,5866	20,4841	142,6221
II	3 (+1)	0 (-1)	1,8025	27,5839	16,0771
III	1,5 (0)	0 (-1)	3,3553	50,8708	16,3738
IV	0 (-1)	1,5 (0)	5,1976	33,9239	24,8014
V	1,5 (0)	1,5 (0)	8,0848	39,3062	25,1050
VI	1,5 (0)	1,5 (0)	8,4230	66,4855	31,8339
VII	1,5 (0)	1,5 (0)	9,1211	62,1234	24,3051
VIII	1,5 (0)	1,5 (0)	8,4451	40,5970	30,4060
IX	3 (+1)	1,5 (0)	6,2424	67,6807	13,8437
X	1,5 (0)	3 (+1)	7,0074	123,0259	10,6170
XI	3 (+1)	3 (+1)	6,4299	162,9732	3,5459

Tabela 1 – Matriz do planejamento experimental com valores reais e codificados (em parênteses), com AM. = amido de milho e QT. = quitosana, juntamente com as médias do Limite de Resistência à Tração (LRT), Módulo de Elasticidade (ME) e Alongamento na ruptura (AL).

Fonte: Autoria própria, 2019.

2.3 Procedimento de preparação de filme

Os filmes foram produzidos a partir do método *casting* com variação de 0 à 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 estrutura concisa e que possibilitasse a realização do ensaio. A solução de quitosana foi preparada pela dissolução do pó de quitosana (1,5 e 3g) em 100 ml de solução aquosa de ácido acético (CH_3COOH) à 0,1% a 90°C com agitação de 600 rpm (Ref. 752A da Fisatom) por aproximadamente 40 minutos. A solução de amido (1,5 e 3g / 100 ml) foi preparado pela dispersão do amido de milho em água destilada à 95°C com agitação de 600 rpm (Ref. 752A da Fisatom) por 50 minutos até obter a completa gelatinização do amido. O glicerol, como plastificante, foi adicionado à solução de quitosana e solução de amido na concentração de 20% em peso de quitosana e amido, respectivamente. Após a preparação das misturas puras de amido de milho e quitosana foram medidas as composições de cada mistura e com o auxílio de uma proveta graduada e, em seguida, foram compostos os pontos apresentados anteriormente na Tabela 1. É válido ressaltar que para cada ponto da Tabela 1 se foi produzida uma mistura pura. Em seguida, as misturas foram postas

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.

2.4 Medição da espessura dos filmes

As espessuras dos corpos de prova foram obtidas em cinco pontos aleatórios com um micrômetro analógico da EDA com resolução de 0,01 mm. As médias desses valores foram utilizadas para determinação das propriedades mecânicas de cada corpo de prova.

2.5 Ensaio Mecânico

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) do Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFERSA, com uma célula de carga de 5kN a uma temperatura de 23°C, com uma velocidade de ensaio de 5 mm/min. Cinco corpos de prova foram ensaiados para cada composição do plano central de mistura.

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 Propriedades Mecânicas

3.1.1 Superfícies de Respostas

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. Os modelos codificados propostos para descrever o Limite de Resistência à Tração (LRT), o Módulo de Elasticidade (ME) e o Alongamento na Ruptura (AI) são descritos pelas Eqs. (1), (2) e (3).

$$LRT = -4,871051 + 2,751537 \times QT + 0,22381 \times QT^2 + 10,60038 \times AM - 0,1558681 \times AM^2 - 3,647805 \times QT \times AM. \quad \text{Eq. (1)}$$

$$ME = 71,93899 - 4,800171 \times QT - 3,895335 \times QT^2 - 50,30616 \times AM + 12,1695 \times AM^2 + 20,7604 \times QT \times AM. \quad \text{Eq. (2)}$$

$$AL = -12,3163 + 4,1314 \times QT + 3,4215290551776 \times QT^2 + 40,59996 \times AM - 0,8316 \times AM^2 - 18,60774 \times QT \times AM. \quad \text{Eq. (3)}$$

As superfícies de resposta exibidas na Figura 1 foram elaboradas para verificar a interação entre dois componentes dos filmes, amido de milho e quitosana, sobre (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (AI). Os valores de R² de cada propriedade mecânica podem ser observados na Tabela 2.

Valores de R ²	
LRT (MPa)	0,74794
ME (MPa)	0,93958
AL (%)	0,76669

Tabela 2 – Valores de R² das propriedades mecânicas dos filmes de amido de milho e quitosana.

Fonte: Autoria própria, 2019.

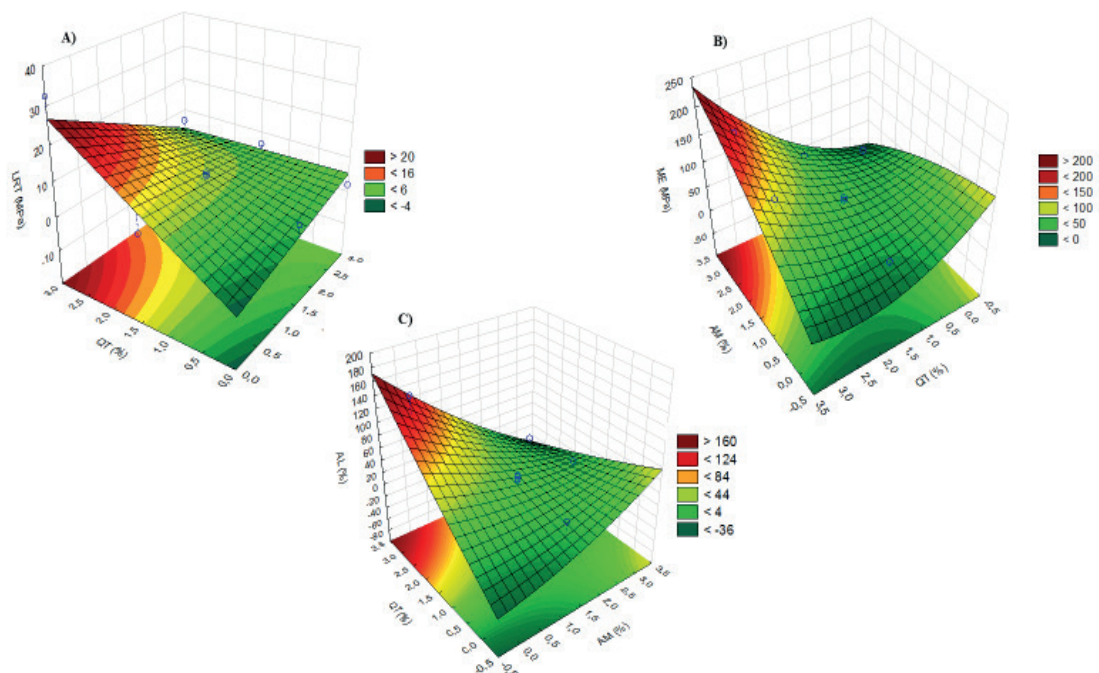


Figura 1 - Superfícies de resposta para (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (AI) dos filmes como função da concentração do amido de milho e quitosana.

Analisando a Figura 1 (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), é possível verificar que tanto o teor de amido de milho como o teor de quitosana influenciam na resistência das amostras, com base no modelo (Eq. 1.). O amido de milho desempenha um parâmetro quadrático decrescente. Isso ocorre em virtude de que o amido possui um caráter de natureza hidrofílica, juntamente ao glicerol, resultando em um filme de característica frágil, como visto anteriormente na Tabela 1. O amido de milho 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 como visto por Ren et al (2017). Por outro lado, a quitosana desempenha um parâmetro quadrático crescente. Isso implica que a adição de quitosana proporciona um aumento expressivo no LRT dos filmes. 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^- do amido de milho. 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 amido 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, como visto por Bourtoom e Chinnan (2008).

De acordo com a Equação 2 e a Figura 1 (b) Módulo de Elasticidade (ME) é possível observar que tanto a quitosana como o amido de milho possuem influência sobre o ME. A quitosana desempenha o parâmetro quadrático decrescente. Isso devido a influência da flexibilidade conferida pela quitosana aumentando a plasticidade do material. Esta, por sua vez, é uma propriedade diretamente proporcional ao módulo de elasticidade. Por outro lado, o amido de milho desempenha o parâmetro quadrático crescente. Isso é observado, possivelmente, devido à presença da fragilidade aferida pelo amido reduzindo a plasticidade do material como analisado por Ren et al (2017).

Com base na Equação 3 e analisando a Figura 1 (c) Alongamento na Ruptura (AI) tanto a quitosana como o amido de milho influenciam no alongamento dos filmes. A quitosana exerce o parâmetro linear e quadrático crescente. Isso ocorre por influência da sua elevada flexibilidade, como citado anteriormente. Alongamento na ruptura dos filmes de quitosana e amido de milho 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 do amido se verifica que estas satisfazem o parâmetro quadrático decrescente. Isso se deve, possivelmente, em função da sua hidrofiliicidade que fragiliza a amostra e compromete a plasticidade dos filmes, como visto por Liu et al (2013).

3.2 Valores preditos e valores observados

Inicialmente, é possível observar que os valores de R^2 das propriedades mecânicas dos filmes de amido de milho e quitosana, contidos na Tabela 2, 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.

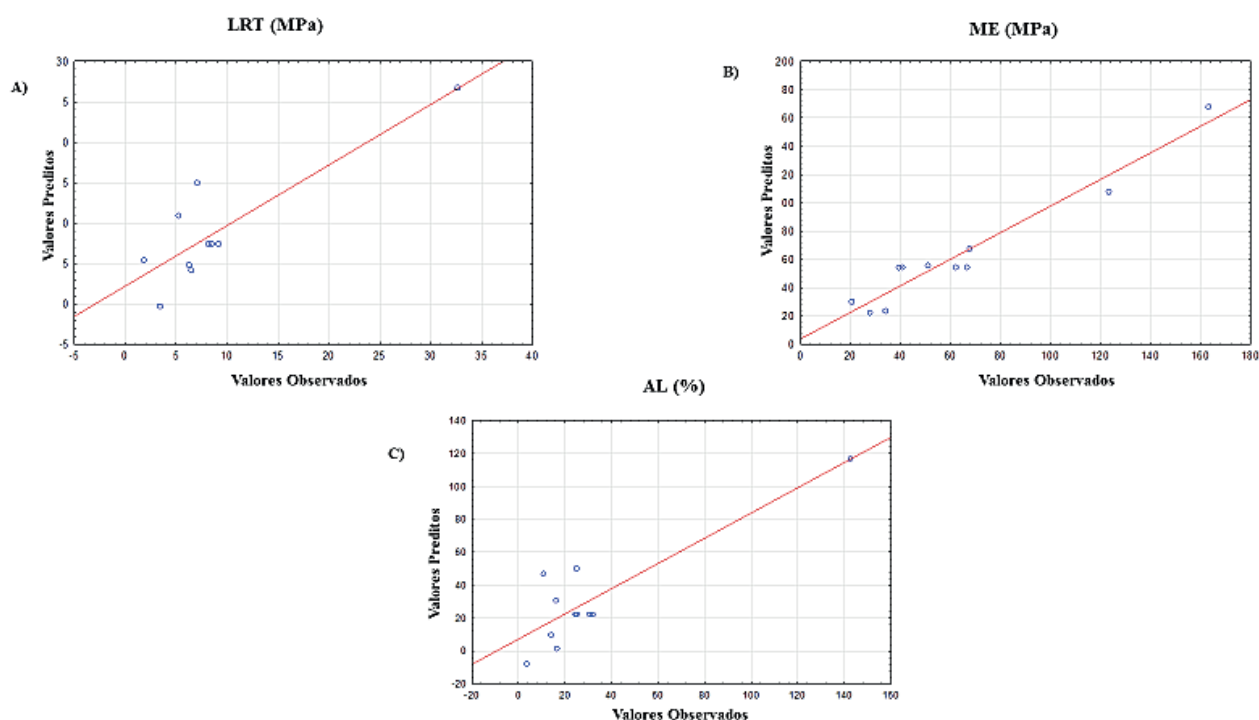


Figura 2 – Gráficos de valores preditos e valores observados para (a) Limite de Resistência à Tração (LRT), (b) Módulo de Elasticidade (ME) e (c) Alongamento na Ruptura (AL) dos filmes como função da concentração do amido de milho e quitosana.

Fonte: Autoria própria, 2019.

A diferença entre os valores preditos e observados evidencia que o modelo quadrático escolhido foi o mais ajustável a essa análise, além de sua capacidade em predição das propriedades mecânicas dos filmes para as composições de amido de milho e quitosana empregadas no estudo realizado. Tanto na Figura 2 a) LRT (MPa) como na Figura 2 c) AL (%) é possível observar uma maior concentração dos valores observados próximos ao início da reta de valores preditos. Isso é caracterizado

devido ao valor do R^2 ser, respectivamente, 0,74794 e 0,76669, sendo dessa forma considerados, os valores observados, como mediais quando comparados aos valores de predição. Já na Figura 2 b) ME (MPa) é possível observar uma maior dispersão dos valores observados ao longo da reta de valores preditos e isso é caracterizado pelo elevado valor de R^2 , 0,93958, corroborando que o modelo obtido é adequado para predição.

4 | CONCLUSÕES

Nesta análise foram avaliados os diferentes parâmetros de concentração de quitosana e amido de milho utilizados para obter os filmes homogêneos e compactos com o teor de glicerol fixado em 20% em relação à massa seca.

Os filmes foram caracterizados mecanicamente a partir do ensaio de tração, o qual se pôde obter valores de Limite de Resistência a Tração (LRT), Módulo de Elasticidade (ME) e Alongamento na Ruptura (AI).

Com a caracterização foi possível observar que o LRT aumenta de acordo com o aumento da concentração de quitosana e que o mesmo ocorre um decréscimo de acordo com o aumento do teor de amido de milho. Já o ME decresce de acordo com a elevação da concentração de quitosana e seu crescimento ocorre e prol do aumento do teor de amido de milho. Por fim, o AI foi influenciado positivamente a partir da elevação teor de quitosana e influenciado negativamente pelo aumento da concentração de amido de milho.

Os modelos utilizados para análise foram significativos e confirmaram que os teores de quitosana e o amido de milho 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 de amido de milho 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

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.

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.

BALDWIN, E.A.; HAGENMAIER, R; BAI, J (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**.

2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 415p, 2011.

BOURTOOM, T.; CHINNA, M.S.; **Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film.** LWT-Food Sci. Technol. 41 (2008) 1633–1641.

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.

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.

ELSABEE, M. Z.; ABDU, E. S. **Chitosan based edible films and coatings: A review.** Materials Science and Engineering C, v. 33, n. 4, p. 1819–1841, 2013.

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.

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.

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.

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.

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.

LARA, S. C.; SALCEDO, F. **Gelatinization and retrogradation phenomena in starch/montmorillonite nanocomposites plasticized with different glycerol/water ratios.** Carbohydrate Polymers, [s. l.], v. 151, p. 206–212, 2016.

LECETA, I.; PEÑALBA, M.; ARANA, P.; GUERRERO, P.; DE LA CABA, K. **Ageing of chitosan films: Effect of storage time on structure and optical, barrier and mechanical properties.** European Polymer Journal, v. 66, p. 170-179, 2015.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice**, Third Edition. Taylor & Francis. CRC Press, 3ª edição, 2012.

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.

SPITIA, P. J. P. et al. **Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review.** Food Hydrocolloids, 35(2014): 287-296, 2014.

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

AIT 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11

Alumina 97, 98, 99, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Áreas Degradadas 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198

B

Biocompatible Polymers 135

Biodegradáveis 114, 115

Biodiesel 97, 98, 99, 100, 101, 104, 110, 111, 112

C

Camada fértil do solo 190, 194

CanSat 39, 40, 43, 44, 45

Catalisadores Impregnados 98, 105, 106, 108

Cerâmica 102, 174, 175, 176, 177, 178, 188, 189

Controle de qualidade 174, 177, 178, 184, 188

D

Democracia energética 47, 51, 52

Desenvolvimento 15, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 63, 64, 67, 75, 98, 102, 111, 112, 114, 120, 122, 152, 164, 178, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 236

E

Embalagens 114, 115, 122

Engenharia baseada em conhecimento 31

Engenharia Biomédica 68, 70, 72, 74

Engenharia de Sistema 39

Espectroscopia de bioimpedância elétrica 77, 78, 81, 83, 88, 93

Estradas 190, 200

F

ferramentas da qualidade 152, 153, 156, 162

Filmes 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

Flambagem 13, 15, 18, 20, 21, 24, 27, 28

Fonte de corrente Howland 77, 89

Fonte não linear 77

G

Gestões estratégicas 152

I

Inspetores Eletrônicos 162, 163, 168, 169, 171, 172, 173

K

KAOS 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

M

Modeling 30, 32, 34, 35, 36, 37, 44, 60, 61, 64, 66, 67, 111, 135, 136, 139

N

NASTRAN 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29

O

Olaria 174, 175, 182, 183, 184, 185, 186, 187

Ontologia 30, 31

Otimização 13, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 91, 94, 162

P

PDCA 153, 154, 155, 158, 159, 162, 163, 164, 166, 173

Planejamento 55, 67, 114, 116, 117, 118, 152, 153, 155, 158, 164, 177, 178

Polymeric Films 134, 135

Processos 1, 63, 69, 102, 105, 117, 120, 157, 158, 160, 162, 163, 164, 165, 173, 178, 190, 192, 193, 196, 209

Projeto 1, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 61, 62, 70, 71, 74, 103, 152, 156, 177, 191, 192, 207, 208, 209, 219, 235

Prontidão 1

R

Reaproveitamento 190, 192, 194, 195, 196

Rede de Petri 60, 64

Requisitos 1, 39, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 70, 74, 75, 79, 90, 178, 179, 188, 189

Rodovias 190, 191, 194

S

Saúde 53, 68, 70, 71, 74, 75

Sistemas Complexos 31, 38, 60, 62

Sistemas de satélite 30, 31

Sistemas Embarcados 60, 61, 63, 64, 65, 67

Stakeholders 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 39, 40, 41, 43, 44, 45

SysML 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

T

Tecnologia 37, 38, 47, 48, 49, 50, 56, 58, 68, 69, 74, 128, 134, 174, 175, 189, 190, 208, 236

Tecnologia hidrocínética 47, 48, 49, 56

Tissue engineering 135, 144, 145

Topsoil 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198

transição energética 47, 55, 58

Transição energética 48

Transport phenomena 134, 135

 **Atena**
Editora

2 0 2 0