

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.515210610>

1. Engenharia de Materiais. 2. Metalúrgica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.  
CDD 669

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

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 a todos.

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS**

Vinícius Pereira Bacurau  
Ana Larissa Soares Cruz  
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes  
Ermeson David dos Santos Silva  
Thalia Delmondes de Souza  
Leonardo Alves Pinto  
Edvânia Trajano Teófilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106101>

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **ESTUDO DA INFLUENCIA DA ADIÇÃO DO WC NANOESTRUTURADO NAS PROPRIEDADES DO AÇO MA957**

Kívia Fabiana Galvão de Araújo  
Maria José Santos Lima  
Fernando Erick Santos da Silva  
Cléber da Silva Lourenço  
Uilame Umbelino Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106102>

### **CAPÍTULO 3..... 30**

#### **CARACTERIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DEFORMADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DA ÁREA NUCLEAR**

Jamil Martins Guimarães Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106103>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO**

Juan José Arenas Romero  
Jesús García Lira  
Martín Castillo Sánchez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106104>

### **CAPÍTULO 5..... 45**

#### **IMPACT OF ZINC CONCENTRATION AND pH IN THE ELECTROPLATING PROCESS IN AN ACID SULFATE-BASED SOLUTION**

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves  
Pedro Manoel Silveira Campos  
Tácia Costa Veloso  
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106105>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL Marta Alves Marques  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE ARTIGOS CIENTÍFICOS E POLÍTICAS NACIONAIS NO ÚLTIMO QUINQUÊNIO Mariana Cordeiro Magalhães Fernanda Nadier Cavalcanti Reis Peolla Paula Stein Tatiane Benvenuti Tácia Costa Veloso  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>84</b>
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS Márcio Roberto da Silva Oliveira  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>94</b>
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>106</b>
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS Myrelle Pinheiro e Silva Maria Letícia Ferreira da Silva Daniele Gomes Carvalho  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010">https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>132</b>
AVALIAÇÃO DA BORRACHA NATURAL EPOXIDADA COMO UM POSSÍVEL MATERIAL AUTORREPARÁVEL Duane da Silva Moraes Helena Mesquita Biz Tatiana Louise Avila de Campos Rocha Cristiane Krause Santin  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011">https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011</a>	

**CAPÍTULO 12..... 149**

**LAJOTAS DE PISO TÁTIL PREPARADAS COM ADIÇÃO DE *FLAKES* DE POLIESTIRENO RECICLADO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA**

Debora Scopel  
Mateus Vosgnach  
Vinicio Ceconello  
Ana Maria Coulon Grisa  
Edson L. Francischetti  
Mara Zeni Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061012>

**CAPÍTULO 13..... 159**

**ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA**

Claudia Veronica Reyes Guzman  
Leonor Muñoz Ramírez  
Sergio García Villarreal  
Gloria Guadalupe Treviño Vera  
Aglae Davalos Sánchez  
Gema Trinidad Ramos Escobedo  
Manuel García Yregoi  
Evelyn Rodríguez Reyna  
Samuel Chacón de la Rosa  
Luis Rey García Canales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061013>

**CAPÍTULO 14..... 170**

**ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO**

Claudia Veronica Reyes Guzmán  
Leonor Muñoz Ramírez  
Sergio García Villarreal  
Gloria Guadalupe Treviño Vera  
Aglae Davalos Sánchez  
Gema Trinidad Ramos Escobedo  
María Gloria Rosales Sosa  
Evelyn Rodríguez Reyna  
Samuel Chacón de la Rosa  
Luis Enrique Barajas Castillo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061014>

**CAPÍTULO 15..... 180**

**DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR**

Amanda Eliza Goulart Gadelha  
Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa  
Albaniza Alves Tavares  
Rossembérg Cardoso Barbosa  
Maria Dennise Medeiros Macêdo

Thiago Cajú Pedrosa  
Ana Caroline Santana de Azevedo  
Fernando Melo Gadelha  
Kleilton Oliveira Santos  
Marcus Vinícius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061015>

**CAPÍTULO 16..... 194**

**META-ARAMIDAS: DE UMA PERSPECTIVA DE PROTEÇÃO PESSOAL A UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL**

Natália de Oliveira Fonseca  
Íris Oliveira da Silva  
Francisco Claudivan da Silva  
Késia Karina de Oliveira Souto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061016>

**CAPÍTULO 17..... 205**

**USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA**

Késsia de Almeida Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061017>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 209**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 210**

# CAPÍTULO 15

## DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR

*Data de aceite:* 01/10/2021

*Data de submissão:* 01/07/2021

### **Amanda Eliza Goulart Gadelha**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/2248197573947008>

### **Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/3417672972335953>

### **Albaniza Alves Tavares**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/8402851333688638>

### **Rossembérg Cardoso Barbosa**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/3078704003282914>

### **Maria Dennise Medeiros Macêdo**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/0673893064169215>

### **Thiago Cajú Pedrosa**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/8026728908346962>

### **Ana Caroline Santana de Azevedo**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/6546166552613217>

### **Fernando Melo Gadelha**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/1526180312318472>

### **Kleilton Oliveira Santos**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/1623226300047893>

### **Marcus Vinícius Lia Fook**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Eng. de Materiais  
Campina Grande – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/4149843752530120>

**RESUMO:** A superfície ocular é formada pelas estruturas que revestem o globo ocular, pálpebra e filme lacrimal, com função de manter a integridade corneana e conjuntival, além de proteger o globo dos traumas mecânico, tóxico e infeccioso. Várias patologias podem acometer a superfície ocular, como por exemplo doenças provenientes da exposição solar. Nesse contexto, percebe-se uma intensificação na busca por biomateriais que possibilitem uma opção de tratamento cirúrgico eficaz, que diminua os efeitos colaterais durante a terapia. Diante dessa perspectiva, este trabalho tem como

objetivo desenvolver membranas poliméricas a base de quitosana/gelatina/ciprofloxacino e prednisolona para regeneração da superfície ocular. As membranas foram preparadas pelo método de evaporação de solvente, onde a quitosana a 2 % m/v foi dissolvida em solução de ácido acético 1% (v/v), com agitação mecânica constante a temperatura ambiente (25 °C) por 2 horas, posteriormente foi incorporada a gelatina na concentração de 3% m/m e os fármacos ciprofloxacino e prednisolona. As membranas foram caracterizadas por Microscopia Ótica (MO), Resistência a Tração, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Grau de Intumescimento. Nos resultados evidenciou-se as interações entre os fármacos e matriz. Observou-se maior estabilidade térmica nas membranas incorporadas com os fármacos. Mecanicamente as membranas foram influenciadas pela incorporação do fármaco, pelo aumento da tensão máxima de ruptura e com o ensaio de intumescimento, permitiram estimar o processo de degradação da matriz. Diante do exposto, conclui-se que as membranas de quitosana/gelatina/ciprofloxacina e prednisolona apresentam potencial para serem utilizadas como auxiliar terapêutico nos defeitos da superfície ocular.

**PALAVRAS - CHAVE:** Superfície ocular, biomateriais, biopolímeros, fármaco.

## DEVELOPMENT OF CHITOSAN MEMBRANES / GELATIN / DRUG FOR EYE SURFACE REGENERATION

**ABSTRACT:** The ocular surface is formed by the structures that cover the eyeball, eyelid and tear film, with the purpose of maintaining corneal and conjunctival integrity, in addition to protecting the globe from mechanical, toxic and infectious trauma. Several pathologies can affect the ocular surface, such as diseases resulting from sun exposure. In this context, there is an intensification in the search for biomaterials that enable an effective surgical treatment option, which reduces side effects during therapy. Given this perspective, this work aims to develop polymeric membranes based on chitosan/gelatin/ciprofloxacin and prednisolone for regeneration of the ocular surface. The membranes were prepared by the solvent evaporation method, where chitosan at 2% m/v was dissolved in a 1% (v/v) acetic acid solution, with constant mechanical stirring at room temperature (25°C) for 2 hours, later, gelatin was incorporated at a concentration of 3% m/m and the drugs ciprofloxacin and prednisolone. The membranes were characterized by Optical Microscopy (OM), Tensile Strength, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Degree of Swelling. The results showed the interactions between the drugs and the matrix. Greater thermal stability was observed in the membranes incorporated with the drugs. Membranes were mechanically influenced by the incorporation of the drug, by the increase of the maximum rupture tension and with the swelling test, allowed to estimate the degradation process of the matrix. Given the above, it is concluded that chitosan/gelatin/ciprofloxacin and prednisolone membranes have potential to be used as a therapeutic aid in ocular surface defects.

**KEYWORDS:** Ocular surface, biomaterials, biopolymers, drug.

## 1 | INTRODUÇÃO

Anatomicamente, a superfície ocular é composta pelo epitélio da conjuntiva bulbar

e palpebral, epitélio da córnea, limbo corneoescleral e o filme lacrimal. É através desta superfície que ocorre a proteção anatômica, imunológica e fisiológica (Lee e Mannis, 2015).

Várias patologias podem acometer a superfície ocular e dentre elas o pterígio. Outras doenças oculares relacionadas a exposição solar apresentam uma incidência elevada nos consultórios médicos, em diferentes países. Na Austrália, estima-se que 60.000 consultas oftalmológicas anuais são direcionadas para o tratamento cirúrgico do pterígio, equivalente a 8,3 milhões de dólares australiano (Coroneo e Chui, 2015). Nos EUA, a incidência das neoplasias da superfície ocular é de aproximadamente 0.03 em cada 100.000 indivíduos (Woreta e Karp, 2015).

Existe a incidência de casos tumorais, queimaduras e doenças degenerativas nos quais o tratamento pode ser realizado com aplicação de membrana amniótica, que é uma membrana retirada da placenta humana. Entretanto, a mesma é de difícil obtenção, pois precisa de vários testes sorológicos para descartar doenças infectocontagiosas, elevando o seu custo, além do Brasil ter poucos bancos de olhos, de difícil acesso e disponibilidade.

Diante dessa problemática, existe uma busca por biomateriais que possibilitem uma outra opção de tratamento eficaz, que diminuam os efeitos colaterais, as taxas de recidivas, além de promover uma melhor cicatrização, redução da dor e uma matriz para adesão celular. O desenvolvimento de novos materiais ou adequação dos já existentes, dentro deste contexto, é dirigido por produtos que possam não só aumentar e/ou manter a qualidade de vida das pessoas, mas também reduzam os custos do atendimento médico, seja pela redução de complicações ou diminuição da necessidade de revisões (Klein, Fredel e Wendhausen, 2017).

A partir da necessidade de regeneração, reparo e crescimento de tecido em áreas afetadas por lesões ou doenças surgem os biomateriais. Esses possibilitam a formação de novos tecidos para serem incorporados no sistema biológico e utilizados para reparar, repor e induzir crescimentos de tecidos naturais. Como destaque temos a quitosana (Ratner, 2013).

Segundo Lourenço (2006), a quitosana apresenta propriedades interessantes para a utilização na área da saúde, pois, comparada a muitos outros polímeros naturais, ela tem a vantagem de possuir carga positiva, o que confere à mesma, propriedade de mucoadesividade. A adição de gelatina na composição de membranas de quitosana tem aumentado as características umectante, adesividade das mesmas e biodegradação (Silva, 2013).

Devido a necessidade de novos tratamentos que venham proporcionar suporte biosintético e melhoria da sintomatologia de doenças da superfície ocular como o pterígio, tumores e queimaduras ou traumas oftalmológicos, onde não é possível utilizar tecido ocular do próprio paciente, este trabalho tem como objetivo desenvolver membranas de quitosana/gelatina/ ciprofloxacino e prednisolona com características adequadas para utilização na regeneração da superfície ocular.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Ácido Acético, hidróxido de sódio, quitosana (Massa molar de 260Kda e 90% de grau de desacetilação), gelatina tipo A, Ciprofloxacino e Prednisolona.

### 2.2 Metodologia

#### 2.2.1 Preparação das membranas

Para se obter a solução de quitosana/gelatina, foi incorporada a gelatina nas diferentes concentrações de 1 %, 3 % e 5 % (m/m) na solução de quitosana a 2 % (m/v) sob agitação mecânica constante por 30 minutos até se obter a homogeneidade do sistema.

Para se obter a solução de quitosana/gelatina e ciprofloxacina, foi incorporada à solução de quitosana/gelatina o fármaco na dose de 5 mg/ml de ciprofloxacino (com base na bula fornecida pela ANVISA 2016), sob agitação mecânica constante por 30 minutos até se obter a homogeneidade do sistema.

Para se obter a solução de quitosana/gelatina e prednisolona, foi incorporado à solução de quitosana/gelatina o fármaco na dose de 0,6 mg/ml de prednisolona (com base na bula fornecida pela ANVISA 2016), sob agitação mecânica constante por 30 minutos até se obter a homogeneidade do sistema.

Para se obter a solução de quitosana/gelatina/ciprofloxacino/prednisolona, foram incorporados à solução de quitosana/gelatina os fármacos, 5 mg/ml de ciprofloxacino e 0,6 mg/ml de prednisolona, sob agitação mecânica constante por 30 minutos até se obter a homogeneidade do sistema. Para todas as soluções, posteriormente a sua obtenção, foi vertido 10ml das mesmas em placas de Petri de 5,5 cm de diâmetro. A secagem das membranas foi realizada usando-se a técnica de evaporação de solvente, em estufa com temperatura 40 °C por 24 horas. Na Tabela 1, se encontra a codificação das amostras.

CODIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	
<b>M</b>	Membrana de quitosana a partir de uma solução de 2 % e Gelatina 3 %
<b>MC</b>	Membrana de quitosana a partir de uma solução de 2% e Gelatina 3 % e ciprofloxacino
<b>MP</b>	Membrana de quitosana a partir de uma solução de 2 % e Gelatina 3 % e prednisolona
<b>MCP</b>	Membrana de quitosana a partir de uma solução de 2 % e Gelatina 3 % ciprofloxacino e prednisolona

Tabela 1 – Codificação das amostras.

## 2.3 Caracterizações

### 2.3.1 Microscopia Ótica (MO)

A Microscopia Ótica (MO) foi empregada com o objetivo de avaliar a morfologia e os aspectos macroscópicos das membranas obtidas. O equipamento utilizado foi um Microscópio Óptico Hirox de reflexão e transmissão com acessórios 2D e variação de 20X a 2000X de aumento, acoplado a uma estação de análise de imagens.

### 2.3.2 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras foram submetidas a técnica de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), em temperatura ambiente, o equipamento utilizado foi o Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi realizada para identificar as bandas características dos grupos funcionais presentes nas amostras, utilizando a faixa de varredura de 4000 a 650  $\text{cm}^{-1}$ .

### 2.3.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

A análise por DSC foi utilizada para identificar as fases de transição das membranas assim como as modificações na estrutura cristalina das amostras que foram confeccionadas. Foi utilizado o equipamento DSC Q20 (TA Instruments) operando por atmosfera de nitrogênio.

### 2.3.4 Resistência à Tração

O ensaio de tensão-deformação tem como objetivo fornecer uma indicação da resistência, como também da tenacidade do material em teste. O ensaio de resistência a tração foi realizado utilizando-se a Máquina Universal Instron, modelo 3366, tendo como base a norma ASTM D 3039/D 3039M-08. Neste ensaio, foram utilizados cinco corpos de prova para cada amostra com dimensão média de 5 cm, submetidos a um esforço crescente na direção axial do corpo de prova, levando-o a sua ruptura, utilizando uma célula de carga 500 N, taxa de 50mm/min.

### 2.3.5 Grau de Intumescimento

Este ensaio foi realizado com o objetivo de avaliar o grau de intumescimento das amostras obtidas. As mesmas foram inicialmente pesadas e mantidas em solução de soro fisiológico por 24 h. Em seguida foram retiradas da solução, colocadas sobre papel filtro para retirar o excesso de solução e pesadas em balança digital. O grau de intumescimento de cada amostra no tempo  $t$ , foi calculado de acordo com a Equação 1. Todas as amostras

passaram por medições antes e após o intumescimento para verificar o quanto o sistema irá aumentar de tamanho.

$$GI = \frac{WT - Wo}{Wo} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: Wt: é o peso da amostra no tempo t; Wo: é o peso inicial da amostra.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Microscopia Ótica (MO)

Na microscopia ótica das membranas com fármaco (MP, MC e MPC) (Figura 1) são observadas áreas com depressões e pontos ao longo da superfície das mesmas, o que pode estar associado a áreas de concentração do fármaco.



Figura 1 – Imagens de microscopia ótica das membranas com magnificação de 150x.

Pode-se perceber que não houve alteração superficial notória entre as amostras. As membranas aparentam homogeneidade, com riscas presentes em algumas superfícies analisadas devido às marcas provenientes do suporte de poliestireno no qual a solução de quitosana/gelatina/fármaco foi vertida para secagem. Rabello, (2017) observou na microscopia ótica de membranas de gelatina uma superfície homogênea com a presença de falhas, provenientes provavelmente do processo de obtenção das amostras.

### 3.2 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A Figura 2a ilustra as bandas características da membrana de quitosana sem fármaco, onde observou-se em  $3400 - 3200 \text{ cm}^{-1}$  a banda referente ao estiramento O-H, resultante da associação polimérica da quitosana, na banda  $2870 \text{ cm}^{-1}$  deformação axial de C-H de alifáticos, em  $1630$  e  $1580 \text{ cm}^{-1}$  nota-se vibrações nos grupamentos C=O de amidas N-substituídas e deformação angular simétrica no plano de  $\text{NH}_2$ , na região de  $1420 \text{ cm}^{-1}$  deformação angular em  $\text{CH}_2$  adjacente a carbonila, em  $1370 \text{ cm}^{-1}$  deformação angular em  $\text{CH}_3$ , na região de  $1030 \text{ cm}^{-1}$  observa-se vibrações referente ao grupamento da estrutura

sacarídea C-O-C. Segundo Cardoso (2012), a banda em torno de  $3379\text{ cm}^{-1}$  é referente ao estiramento axial de OH, sobreposta à banda de estiramento N-H. A banda em  $2893\text{ cm}^{-1}$  é atribuída ao estiramento assimétrico do grupo C-H. A banda em  $1652\text{ cm}^{-1}$  está associada à deformação axial C=O da amida primária. A banda em  $1587\text{ cm}^{-1}$  é referente à deformação vibracional do grupo amina protonado ( $\text{NH}_3^+$ ). A banda em  $1375\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída à deformação axial -CN de grupos amina. A banda intensa em  $1050\text{ cm}^{-1}$  está associada ao estiramento C-O-C dos anéis piranosídicos. Esses resultados estão de acordo com os encontrados, corroborando os achados nessa pesquisa.

Observa-se na Figura 2b o resultado da análise de FTIR da amostra de quitosana com ciprofloxacino. De maneira geral o espectro não apresentou mudanças significativas, apenas uma leve redução nas bandas  $1630$  e  $1580\text{ cm}^{-1}$  referente as vibrações nos grupamentos C=O de amidas N-substituídas e deformação angular simétrica no plano de  $\text{NH}_2$ , sugerindo assim uma possível interação do grupamento COOH do fármaco nesses grupos característicos da quitosana. Santos (2015) ressalta que o acoplamento do ácido carboxílico nos grupos amina da quitosana, com a formação da ligação amida pode ser confirmado pela visualização da diminuição da intensidade do pico em  $1580\text{ cm}^{-1}$  referente a deformação da ligação N-H das aminas primárias. Essas interações podem ser entendidas pela substituição do grupo OH dos ácidos carboxílicos com o grupo  $\text{NH}_2$  de amidas, sendo assim chamados de compostos derivados do ácido carboxílico.

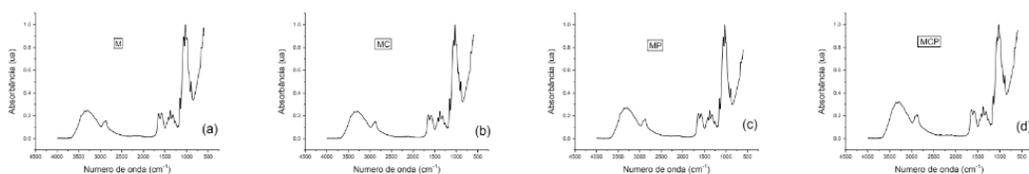


Figura 2 – FTIR das membranas obtidas sem e com fármaco.

A Figura 2c ilustra o resultado de FTIR referente a membrana de quitosana com prednisolona. A partir dos resultados observou-se um aumento na intensidade da banda  $3300\text{ cm}^{-1}$  referente ao estiramento axial O-H, possivelmente devido ao incremento e maior disponibilidade de grupos OH na matriz de quitosana, por meio da introdução de prednisolona na mesma. Esse acréscimo é justificado pela maior quantidade de grupos OH na estrutura química da prednisolona, possibilitando assim esse incremento na intensidade da banda. Segundo Soares (2012), quando estudou a associação de quitosana com PEG, deslocamentos de banda na região  $3400 - 3200\text{ cm}^{-1}$  apresentam-se devido às ligações de hidrogênio intermoleculares formadas entre os grupos OH do PEG e da quitosana.

Nas membranas de quitosana com ciprofloxacino e prednisolona (Figura 2d) observou-se aumento na intensidade dos grupos em  $3400 - 3200\text{ cm}^{-1}$  referente ao

estiramento O-H, na banda  $2870\text{ cm}^{-1}$ ,  $1630$  e  $1580\text{ cm}^{-1}$  referente a deformação axial de C-H de alifáticos, C=O de amidas N-substituídas e deformação angular simétrica no plano de  $\text{NH}_2$  e, nas regiões  $1420\text{ cm}^{-1}$  e  $1370\text{ cm}^{-1}$  deformação angular em  $\text{CH}_2$  adjacente a carbonila e em  $\text{CH}_3$ .

Resultados semelhantes utilizando outro fármaco foram encontrados por Araújo e colaboradores (2017) quando os mesmos estudaram a associação de gelatina e etonogestrel em membranas de quitosana, onde observou-se um aumento na intensidade nas bandas  $3290$ ,  $1540$  e  $1410\text{ cm}^{-1}$ , corroborando assim os achados nessa pesquisa.

### 3.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

A Figura 3a ilustra dois picos, um endotérmico com início em  $165,47\text{ }^\circ\text{C}$  referente a retirada da água livre do material e um exotérmico com início em  $289,65\text{ }^\circ\text{C}$  relacionado a degradação da membrana de quitosana (M). Segundo Melin (2013), podem ocorrer eventos endotérmicos e exotérmicos em biopolímeros. Os endotérmicos podem estar relacionados à fusão, perda de massa (vaporização de água, aditivos ou produtos voláteis de reação ou decomposição), desdessorção e reações de redução. Enquanto que eventos exotérmicos se referem à cristalização, reações de polimerização, cura, oxidação, degradação oxidativa, adsorção, entre outros.

Diferentemente dos resultados encontrados nesse trabalho, Lemes (2016) observou em membranas de quitosana pico endotérmico em torno de  $70 - 90\text{ }^\circ\text{C}$ , essa diferença na perda de água ou ponto de fusão das membranas, pode estar associado ao processamento das mesmas ou tipo de material utilizado no trabalho. Nos estudos de Moraes (2009) observou-se pico exotérmico característico em torno de  $294\text{ }^\circ\text{C}$  para membrana de quitosana pura. Este pico é atribuído à decomposição da quitosana, que é um processo bastante complexo, incluindo a desidratação dos anéis dos sacarídeos, a despolimerização e decomposição das unidades acetiladas e desacetiladas do polímero.

A Figura 3b ilustra os resultados de DSC referente as amostras de quitosana com ciprofloxacino. Nota-se a presença de dois picos, endotérmico e exotérmico respectivamente. Com a incorporação de ciprofloxacino na matriz de quitosana observa-se um deslocamento ou diminuição na temperatura de fusão (perda de água) da amostra, a qual apresenta início em  $85,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Meyagusku (2014), quando analisou a curva termogravimétrica do ciprofloxacino, observou um evento endotérmico correspondente à desidratação, com início em  $88,66\text{ }^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{pico}}$  em  $112,80\text{ }^\circ\text{C}$  e ocorre a decomposição com temperatura superior a  $275\text{ }^\circ\text{C}$  com perda de massa de  $86,13\%$  no intervalo de  $275-550\text{ }^\circ\text{C}$ .

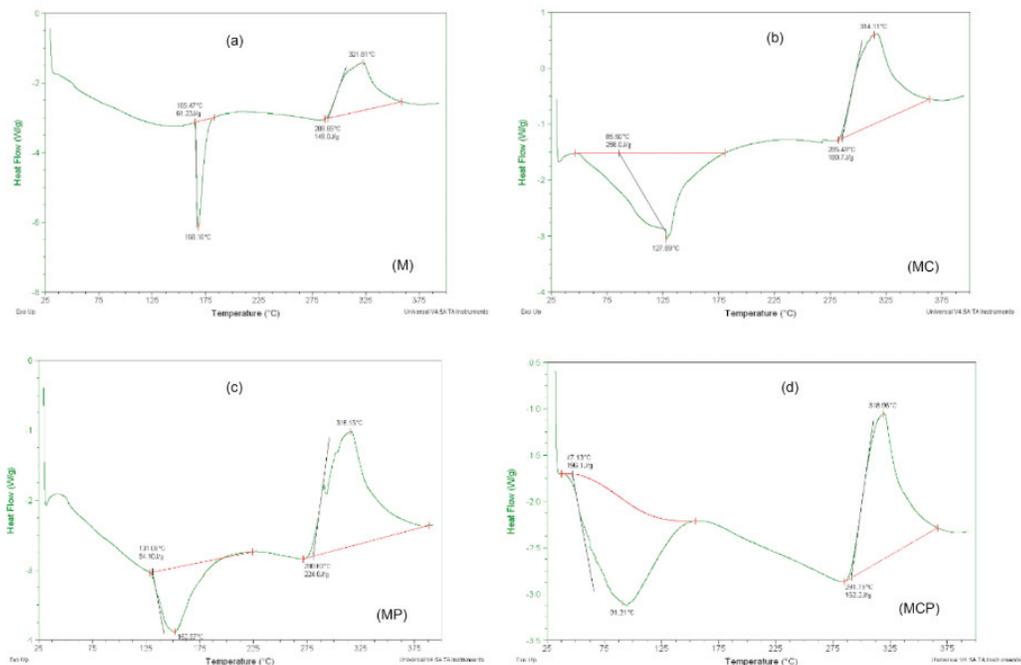


Figura 3 – DSC das membranas obtidas sem e com fármaco.

Na Figura 3c os resultados de DSC das amostras de quitosana com prednisolona apresentaram perfil semelhante ao das membranas com ciprofloxacino, com a presença de dois picos sendo um endotérmico e outro exotérmico. O mesmo foi avaliado quanto a introdução de fármaco (prednisolona) na membrana de quitosana, onde foi visto o deslocamento e/ou redução na temperatura de fusão (perda de água) na amostra. Entretanto, comparada às membranas com ciprofloxacino as membranas com prednisolona demonstraram melhor estabilidade quando comparadas, tendo em vista que o início da perda de água na amostra ocorre em torno de 131,09 °C, além disso, tanto nas membranas de quitosana com ciprofloxacino, quanto as com prednisolona, não visualizou-se mudanças significativas relacionadas ao pico exotérmico das amostras. De acordo com os resultados de Toehwé (2013), a prednisolona apresenta pico endotérmico em torno dos 233,8 °C com  $T_{pico}$  em 237,8 °C e início de degradação em 240 °C (pico exotérmico), deste modo, comparada à quitosana, apresenta menor temperatura de degradação e maior temperatura de perda de água.

Os resultados de DSC para as membranas de quitosana com ciprofloxacino e prednisolona estão ilustrados na Figura 3d. Observa-se que a incorporação dos fármacos possibilitou a redução do pico endotérmico para uma temperatura de 47,13°C nas membranas de quitosana com ciprofloxacino e prednisolona, quando comparada a temperatura de fusão de 165,47 °C nas membranas de quitosana.

### 3.4 Resistência à Tração

Observa-se na Tabela 2 o perfil de resistência à tração das membranas com e sem a adição de fármaco e verifica-se que não ocorreu alteração significativa na deformação máxima das mesmas, principalmente, quando se considera o desvio padrão dos resultados. Já na tensão máxima de ruptura ocorreu um aumento considerável nas membranas com a presença dos dois fármacos, podendo inferir que ocorreu uma interação química entre os mesmos o que corrobora os resultados de FTIR.

Amostra	Deformação Máxima (%)	Tensão Máxima de Ruptura (Mpa)
M	15,79 ± 4,28	70,71 ± 4,49
MP	14,19 ± 1,08	118,26 ± 20,76
MC	14,59 ± 5,13	112,24 ± 12,51
MCP	13,11 ± 6,41	150,95 ± 15,60

Tabela 2 – Resistência à tração das membranas obtidas com e sem fármaco.

Tomaz (2018) observou em seus estudos um aumento importante na resistência à tensão máxima de ruptura das membranas com a adição do 1,4-naftoquinona, inferindo que o fármaco interagiu com a matriz polimérica, resultados semelhantes foram observados com os fármacos utilizados nesta pesquisa. A formação da membrana por evaporação de solvente acontece devido à preservação de emaranhados de cadeia e interações intermoleculares formadas durante o processo de secagem, como a ligação eletrostática e de hidrogênio, que são conhecidas por desempenharem um papel essencial na estrutura dos polissacarídeos (Becerra *et al.*, 2017). Bano e colaboradores (2014) afirmam que as propriedades mecânicas de membranas com menor deformação e valores razoáveis de resistência à tração sugerem que eles tenham elevado potencial para uso em aplicações médicas.

### 3.5 Grau de Intumescimento

O grau de intumescimento de um material pode ser definido como a quantidade de solvente absorvida por este. Essa propriedade está relacionada à estrutura da rede formada nas ligações cruzadas no processo de polimerização e reticulação do polímero, observada através da sua densidade de reticulação (Batista, 2015). Segundo Bona (2017) o índice de intumescimento está diretamente relacionado à solubilidade em água, sendo um parâmetro importante para o conhecimento das características gerais de um material, principalmente com relação à sua resistência em meio aquoso, o que pode ser confirmado por ele quando afirma que a solubilidade é determinada pela estrutura química do material.

A Figura 4 ilustra o grau de intumescimento das membranas (M, MP, MC e MCP) onde se verifica que a membrana de quitosana/gelatina (M) intumescceu em torno de 140%. Observa-se que após a adição dos fármacos nas membranas, ocorreu uma redução do

intumescimento das amostras, sendo mais acentuado na amostra MCP, o que indica que ocorreu interação do fármaco com o sistema quitosana/gelatina.

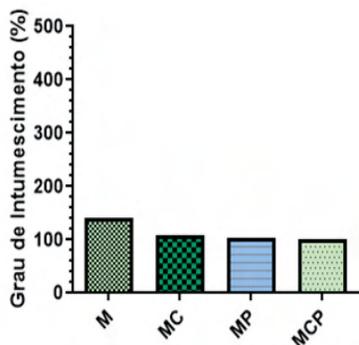


Figura 4 – Grau de Intumescimento das membranas obtidas com e sem fármaco.

Segundo Rodrigues (2016), o intumescimento depende da presença de grupos hidrofílicos em regiões acessíveis, diante disso, a redução na cristalinidade aumenta a disponibilidade destes grupos influenciando na absorção de líquido pela amostra.

De acordo com Gonçalves e colaboradores (2011) o intumescimento depende da penetração do líquido nos arcabouços e da interação da água (através de ligações de hidrogênio) com pontos reativos ( $-NH_3^+$ ,  $NH_2$  e  $-OH$ ). Os grupos  $-NH_3^+$  estão presentes, principalmente, na quitosana com pH inferior a 7,2.

No trabalho de Gomes (2017) na análise de intumescimento das amostras de quitosana com fenticonazol, foi observado um perfil semelhante ao encontrado nesse trabalho, evidenciando-se os mesmos aspectos vistos, tais como, boa interação entre o fármaco e a matriz quitosana e a possível competição entre o fármaco e a gelatina pelos sítios ativos da quitosana.

## 4 | CONCLUSÃO

As membranas compostas por quitosana/gelatina/ciprofloxacina e prednisolona foram obtidas indicando a eficácia da metodologia proposta, pois as caracterizações morfológicas, químicas, térmicas demonstraram a efetividade.

Mecanicamente as membranas foram influenciadas pela incorporação do fármaco, pois ocorreu um aumento na tensão máxima de ruptura, principalmente nas membranas adicionadas dos dois fármacos.

Por fim, diante de uma extensa vivência prática como especialista em regeneração da superfície ocular, embasada também, no conhecimento de postulados médicos nessa área e sentindo algumas necessidades inerentes ao exercício diário dessa atividade, conclui-

se que as membranas de quitosana/gelatina/ciprofloxacina e prednisolona apresentam potencial para ser utilizadas como uma alternativa terapêutica nos defeitos da superfície ocular.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. B.; GARCIA, T. G. C.; BEZERRA-JUNIOR, A. G.; COLAÇO, R. M. R.; SOUSA, W. J. B.; BARBOSA, R. C.; FOOK, M. V. L. Matrizes de quitosana/gelatina para liberação de Etonogestrel. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 12, n. 2, p. 138-145, 2017.

BANO, I. et al., Chitosan: A potential biopolymer for wound management. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 102, p. 380–383, 2017.

BATISTA, J. G. S. **Desenvolvimento de matrizes poliméricas biodegradáveis à base de quitosana e possíveis blendas como sistemas de liberação controlada de fármacos**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais. São Paulo, SP, 2015.

BECERRA, J. et al. Tuning the hydrophilic/hydrophobic balance to control the structure of chitosan films and their protein release behaviour, **AAPS PharmSciTech**, v. 18, n. 4, p. 1070-1083, 2017.

BONA, J. C. **Preparação e Caracterização de Filmes Biodegradáveis a partir de Blendas de Amido com Polietileno**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CARDOSO, M. J. B.; BARBOSA, R. C.; RIES, A.; FIDELIS, T.; FOOK, M. V. L. Ensaios físico-químicos e mecânicos de membranas de quitosana com cobre, zinco e magnésio. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.7, p. 1 – 6, 2012.

CORONEO, M. T. CHUI, J. J. Y. **Pterígio. Doenças da superfície ocular**. Ed. Elsevier. caps.18, p. 125 -144, 2015.

GOMES, V. V. **Obtenção de biomaterial para liberação de fenticonazol, utilizado no tratamento da vaginite fúngica**. 2017. 56f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande. 2017.

GONSALVES, A. A de et al. Diferentes Estratégias para a Reticulação de Quitosana. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p.1215-1223, 2011.

KLEIN, A. N.; FREDEL, M. C; WENDHAUSEN, P. A. P. Novos materiais: realidade e tendências de desenvolvimento. Disponível no site:<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/nexcietecnologia/Klein.pdf> (Acesso: 04/05/2017).

LEE, W.B; MANNIS, M. J. Conceitos Históricos de doenças da superfície ocular. **Doenças da superfície ocular**. Ed. Elsevier. P. 3 -10. 2015.

LEMES, B. M. **Membranas de quitosana contendo fração matanólica de *euphorbia umbellata* (pax) bruyns (Euphorbiaceae)**: Desenvolvimento, caracterização e avaliação. 2016. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

LOURENÇO, V.A. **Desenvolvimento e avaliação de micropartículas de quitosana para veiculação de dimetilaminoetanol (DMAE) na pele.** 2006. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Programa de Pós-graduação em Ciências

MELIN, G. R. **Desenvolvimento de membranas à base de quitosana e de carboximetilcelulose para aplicação na área biomédica.** 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Materiais e Processos). Programa de Pós-Graduação em Materiais e Processo na Universidade de São Paulo.

MEYAGUSKU, V. M. **Desenvolvimento e caracterização de nanopartículas lipídicas sólidas contendo ciprofloxacino.** 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP.

MORAES, M. A.; NOGUEIRA, G. M.; WESKA, RE. F. BEPPU, M. M. Obtenção e caracterização de blendas de fibroína de seda e quitosana. **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros.** Foz do Iguaçu, 2009.

RABELLO, I. P. **Desenvolvimento de Membranas De Gelatina para Liberação Controlada De Fármacos em Ulcerações De Mucosa Oral.** 2017. 96f. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande. 2017.

RATNER, B. D.; HOFFMAN, A. S.; SCHOEN, F. J.; LEMONS, J. E. (Ed.). An introductions to materials in medicine. San Diego: **Academic Pres**, 3 ed. 2013. 1600 p.

RODRIGUES, M. A. V. **Biomateriais de quitosana/gelatina com resina de jatobá: influência do grau de acetilação da quitosana e da inclusão da resina.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2016

SANTOS, J. C. C. **Acilação da quitosana e da n,n,n-trimetilquitosana para aplicação potencial em diagnóstico e terapia gênica.** 2015. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, R.S.M. **Desenvolvimento de membranas de Quitosana/Heparina para Tratamento do Tromboembolismo Venoso.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande.

SOARES, A. C. **Caracterização e modificação de membranas de quitosana-PEG com filomes automados de jacalina e concanavalina A.** 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de São Paulo.

TOMAZ, ALECSANDRA, FERREIRA; SOBRAL DE CARVALHO, SANDRA; CARDOSO BARBOSA, ROSSEMBERG; L. SILVA, SUÉDINA ; SABINO GUTIERREZ, MARCOS ; B. DE LIMA, ANTÔNIO ; L. FOOK, MARCUS . Ionically Crosslinked Chitosan Membranes Used as Drug Carriers for Cancer Therapy Application. **Materials.** v. 11, p. 2051, 2018.

TOEHWÉ, L. H. **Avaliação do perfil de dissolução de comprimidos de prednisona bioequivalentes ao longo do estudo de estabilidade.** 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica). Programa de Pós-graduação em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica, Instituto de Tecnologia em Fármacos – FIOCRUZ.

WORETA, F. A.; KARP, C. L. Neoplasias da superfície ocular. **Doenças da superfície ocular**. Elsevier, 2015, caps. 19, p. 145 -159.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço MA957 4, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

Adsorción 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

Alumínio 4, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 95, 141

Argamassa 6, 112, 149, 150, 156, 157, 158

Austenita 30, 31, 36

Autorreparação 132, 133, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

### B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

Borracha 5, 90, 106, 108, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 140, 147

### C

Cascara 6, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Cianuro 6, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178

Combustível nuclear 30

Compressão 30, 31, 33, 36, 40, 41, 96, 106, 108, 112, 113, 119, 121, 124, 125, 128, 129, 149, 150, 151, 154, 155, 158

Concreto 5, 100, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 150, 157, 158

Conforto Humano 149

### D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

### E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

ENR50 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

## **F**

Fármaco 6, 180, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

## **G**

Galena 6, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Geotêxteis 194, 201, 202

## **I**

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

## **L**

Lajota Piso Tátil 149

Laminação 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 69

## **M**

Martensita 30, 31, 36

Meta-Aramidas 7, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

Morfologia do revestimento 46

## **P**

Parâmetros operacionais 46

Poliestireno 6, 14, 15, 133, 149, 150, 156, 157, 158, 185

Polímeros 3, 5, 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 82, 84, 86, 90, 147, 158, 182, 192, 195, 196, 203

## **R**

Resíduos 5, 78, 79, 80, 82, 83, 94, 99, 103, 106, 107, 108, 110, 116, 119, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 157

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

## **S**

Síntese 18, 21, 158

Soldagem 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 209

Superfície ocular 6, 180, 181, 182, 190, 191, 193

Sustentabilidade 103, 104, 106, 108, 127, 149

Sustentável 80, 81, 94, 98, 99, 106, 107, 108, 116, 127, 130, 150

## **T**

Tamarindo 6, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

Tubos de papelão 5, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105

## **W**

WC nanoestruturado 4, 18, 20, 21, 26, 28

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
  - ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  - 📷 @atenaeditora
  - 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 @atenaeditora
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)