

Princípios de Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Princípios de Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	Princípios de química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-422-1 DOI 10.22533/at.ed.221192406 1. Química – Estudo e ensino. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 540.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e variações de energia. A Química conquistou um lugar central e essencial em todos os assuntos do conhecimento humano, estando interligada com outras ciências como a Biologia, Ciências Ambientais, Física, Medicina e Ciências da Saúde.

Pesquisas na área da Química continuam evoluindo cada dia, sendo benéficas devido maior conscientização de como usar os conhecimentos químicos em prol da qualidade de vida e do desenvolvimento da sociedade; prezando pelo meio ambiente, surgindo assim processos e novas tecnologias com menor agressão e impacto.

Muitas são as fontes degradadoras da natureza, porém os resíduos químicos são considerados os mais agressivos. Ao longo dos anos inúmeros tipos de contaminantes foram lançados no meio ambiente, causando contaminação e poluição em diversos tipos de compartimentos ambientais como solos, rios e mares. O avanço e crescimento industrial no mundo é uma das principais causas da poluição excessiva e liberação de resíduos químicos.

Devido estudos na área da Química é possível realizar remoção de poluentes por diversos processos e o desenvolvimento de técnicas e materiais é abordado neste volume, que trata de processos como adsorção para retirada de contaminantes da natureza. Além destes processos, este volume também trata de novos materiais para aplicação em substituição aos polímeros convencionais, como os biopolímeros, produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, ou seja, possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo o qual leva milhares de anos para se formar.

Fatores ambientais e sócio-econômicos estão relacionados ao crescente interesse por novas estratégias que buscam alternativas aos produtos e processos convencionais. Neste enfoque, os trabalhos selecionados para este volume oportunizam reflexão e conhecimento na área da Química, abrangendo aspectos favoráveis para ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS *GLUCONACETOBACTER HANSENI* E *KOMAGATAEIBACTER RHATICUS* EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

Karina Carvalho de Souza

Gabriela Rodrigues dos Santos

Grazielly Maria Didier de Vasconcelos

Paulo Henrique Marrocos de Oliveira

Yêda Medeiros Bastos de Almeida

Felipe Cunha da Silva Trindade

Glória Maria Vinhas

DOI 10.22533/at.ed.2211924061

CAPÍTULO 2 7

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)

Heloisa Barbara Rozario Azevedo

Fabiane De Oliveira Santana

Paula Hortência Santos Magalhães

Maria Karoline Silva Souza

Caio Cezar Neves Kunrath

Menilde Araújo Silva Bião

Franco Dani Rico Amado

Bruno Souza Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.2211924062

CAPÍTULO 3 12

OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DCPD COM INCORPORAÇÃO DO COPOLÍMERO F-127 PELO MÉTODO DE DEPOSIÇÃO ELETROQUÍMICA

Pablo Eduardo Costa dos Santos

Cristiane Xavier Resende

Zaine Teixeira Camargo

DOI 10.22533/at.ed.2211924063

CAPÍTULO 4 19

CARBOXIMETILCELULOSE-G-OLIGO(ÓXIDO DE ETILENO-CO-ÓXIDO DE PROPILENO): EFEITO DA PORCENTAGEM DE ENXERTIA NAS PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO SALINO

Nívia do Nascimento Marques

Rosângela de Carvalho Balaban

Sami Halila

Redouane Borsali

DOI 10.22533/at.ed.2211924064

CAPÍTULO 5 32

PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS

Carlos Bruno Barreto Luna

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

*Danilo Diniz Siqueira
Edcleide Maria Araújo
Elieber Barros Bezerra*

DOI 10.22533/at.ed.2211924065

CAPÍTULO 6 50

SÍNTESE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE HPAM TERMORRESPONSIVA

*Bruna Luiza Batista de Lima
Nívia do Nascimento Marques
Marcos Antonio Villetti
Rosângela de Carvalho Balaban*

DOI 10.22533/at.ed.2211924066

CAPÍTULO 7 58

FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)

*Rachel Margalho Barreira Valentim
Izael Pinho dos Santos
Victor Soares Pereira
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias
Marcos Allan Leite dos Reis*

DOI 10.22533/at.ed.2211924067

CAPÍTULO 8 64

AValiação DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES DE AMIDO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE

*Ingrid Lessa Leal
Yasmin Carolino da Silva Rosa
Josiane Dantas Viana Barbosa
Janice Izabel Druzian
Bruna Aparecida Souza Machado*

DOI 10.22533/at.ed.2211924068

CAPÍTULO 9 74

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E APLICAÇÃO EM FILMES DE AMIDO E QUITOSANA

*Marina R. d Andrade
Taynã Isis de S. Santana
Bruna A. S. Machado*

DOI 10.22533/at.ed.2211924069

CAPÍTULO 10 79

EFFECT OF BIOSURFACTANTS IN PATHOGENIC BACTERIA ADHESION ON THE SURFACE OF FLEXIBLE FILMS

*Michel Zampieri Fidelis
Heitor Suyama
Eduardo Abreu
Denise Milleo Almeida
Giane Gonçalves Lenzi*

DOI 10.22533/at.ed.22119240610

CAPÍTULO 11	93
UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL	
<i>Fernanda Vieira Amorim</i>	
<i>Márcia Ramos Luiz</i>	
<i>Ewellyn Silva Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240611	
CAPÍTULO 12	105
ESTUDO DA ADSORÇÃO DE COBRE EM LODO RECUPERADO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE AÇUDE POR ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO	
<i>Fábio Erlan Feitosa Maia</i>	
<i>Ronaldo Ferreira do Nascimento</i>	
<i>Eliezer Fares Abdala Neto</i>	
<i>Jefferson Pereira Ribeiro</i>	
<i>Ari Clecius Alves de Lima</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240612	
CAPÍTULO 13	117
ADSORÇÃO DE CO ₂ EM MATERIAL MEOSPOROSO DO TIPO SBA-16 FUNCIONALIZADO	
<i>Táisa Cristine de Moura Dantas</i>	
<i>Eloy Sanz-Pérez</i>	
<i>Raul Sanz</i>	
<i>Amaya Arencibia</i>	
<i>Guillermo Calleja</i>	
<i>Ana Paula de Melo Alves Guedes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240613	
CAPÍTULO 14	132
CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA	
<i>Riann Queiroz Nóbrega</i>	
<i>Ana Cláudia Rodrigues De Barros</i>	
<i>Lorena Lucena De Medeiros</i>	
<i>Flávio Luiz Honorato Da Silva</i>	
<i>Joelma Moraes Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240614	
CAPÍTULO 15	140
AValiação DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ARGILA ORGANOFÍLICA ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO FATORIAL	
<i>Paulo Henrique Almeida Da Hora</i>	
<i>Lizandra Fernanda Araújo Campos</i>	
<i>Antonio Cícero De Sousa</i>	
<i>Gesivaldo Jesus Alves De Figueiredo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240615	

CAPÍTULO 16 147

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO₂ POR MEIO DA REAÇÃO DE CARBONATAÇÃO DO ORTOSILICATO DE LÍTIO

Suélen Maria de Amorim
Michele Di Domenico
Tirzhá Lins Porto Dantas
Humberto Jorge José
Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira

DOI 10.22533/at.ed.22119240616

CAPÍTULO 17 157

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

Joseane Damasceno Mota
Rochelia Silva Souza Cunha
Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos
Meiry Glaucia Freire Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.22119240617

CAPÍTULO 18 166

REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 ATRAVÉS DE ADSORÇÃO

Déborah Fernanda Mamedes da Silva
Deivid Sousa de Figueiroa

DOI 10.22533/at.ed.22119240618

CAPÍTULO 19 177

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE SAIS NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO ALUMINA ATIVADA

Nathália Favarin da Silva
Enrique Chaves Peres
Guilherme Luiz Dotto

DOI 10.22533/at.ed.22119240619

CAPÍTULO 20 186

ADSORÇÃO DE ÍNDIGO CARMINE UTILIZANDO MICROESFERAS DE ALGINATO (AL) E QUITOSANA (QT) PURAS E DOPADAS COM NÍQUEL E FERRO.

Ana Clara Correia Queiroz da Silva
Francisco Mateus Gomes do Nascimento
Francisco Renan Lima Amorim
Guilherme Augusto Magalhães Júnior
Cícero Pessoa de Moura
Rafael Ribeiro Portela
Mayara Sousa de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240620

CAPÍTULO 21 195

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE PENEIRA MOLECULAR ORGANOFÍLICA NA REMOÇÃO DE ÍONS CR(III)

Paulo Henrique Almeida da Hora
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Antonio Cícero de Sousa

CAPÍTULO 22 202

BIOSSORÇÃO DE ÍONS CR(VI) EM SOLUÇÃO AQUOSA EMPREGANDO CASCA DE BANANA NANICA

Giovani Santana Silva

Ângelo Capri Neto

Maria da Rosa Capri

DOI 10.22533/at.ed.22119240622

CAPÍTULO 23 215

REMOÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE PRESENTE EM SOLUÇÕES SINTÉTICAS DILUÍDAS EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMERCIAL E CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DE ARROZ

Lúcia Allebrandt da Silva Ries

Joyce Helena da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240623

CAPÍTULO 24 227

MANAGEMENT AND CLASSIFICATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF GROUNDWATER

Sharise Beatriz Roberto

Jomar Berton Junior

Rúbia Michele Suzuki

Elton Guntendorfer Bonafé

Makoto Matsushita

Edmilson Antonio Canesin

DOI 10.22533/at.ed.22119240624

CAPÍTULO 25 242

HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMINARES PARA REMOÇÃO DE POLUENTES AQUOSOS

María Magdalena Costanzo

Rocio Belén Garate

Nora Alejandra Comelli

Nora Andrea Merino

DOI 10.22533/at.ed.22119240625

CAPÍTULO 26 253

EFEITO DO MÉTODO DE SÍNTESE NAS PROPRIEDADES DO ÓXIDO DE CÉRIO, DESTINADO A FOTOCATÁLISE

Kimberly Paim Abeta

Marie Lídio dos Santos Galvão Ribeiro

Larissa Soares Lima

Leila Maria Aguilera Campos

Sirlene Barbosa Lima

Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22119240626

CAPÍTULO 27	267
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS	
<i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240627	
CAPÍTULO 28	282
O USO DE REDES SOCIAIS E TECNOLOGIA MÓVEL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO POR PROFESSORES DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)	
<i>Eziel Cardoso da Silva</i>	
<i>Antonio Zilverlan Geermano Matos</i>	
<i>Marco Aurélio da Silva Coutinho</i>	
<i>Antônio Araújo Rodrigues</i>	
<i>Francisco Dhiêgo Silveira Figueirêdo</i>	
<i>Davi da Silva</i>	
<i>Dihêgo Henrique Lima Damacena</i>	
<i>Francisco Maycon Soares</i>	
<i>Juciane Maria de Sousa dos Santos</i>	
<i>Jose Adriano Cavalcante Alencar</i>	
<i>Enivaldo Pereira dos Santos</i>	
<i>Julianna de Sousa Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240628	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	292

FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)

Rachel Margalho Barreira Valentim

Universidade Federal do Pará, Pós-graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODENA), Belém, PA, 66075-110, rachelbarreira@yahoo.com.br

Izrael Pinho dos Santos

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) Belém, PA, 66075-110, izaelmec@gmail.com

Victor Soares Pereira

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) Belém, PA, 66075-110, victorpr18@outlook.com

Carmen Gilda Barroso Tavares Dias

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) Belém, PA, 66075-110, cgbtd@ufpa.br

Marcos Allan Leite dos Reis

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais (PRODENA), Belém, PA, 66075-110, marcosallan@ufpa.br

RESUMO: Policaprolactona (PCL) é um biomaterial biodegradável e biocompatível com aplicação nas áreas biomédicas, biotecnológica e farmacêutica. Microfibrilas de celulose (MFC) são utilizadas como reforço, filmes eletrônicos, revestimentos para embalagens, liberação controlada de drogas, tratamento de água e filmes de barreira. O presente trabalho visa

a obtenção de microfibrilas de celulose com lignina residual (MFCL) a partir de tegumento de açaí (*Euterpe Oleracea Mart*) por tratamento químico para utilização como reforço em filmes de Policaprolactona (PCL). Os filmes processados foram avaliados quanto às propriedades mecânicas por ensaio de tração, e quanto a cristalinidade por difração de raios X (DRX). MFCL aumentou a resistência e rigidez da matriz. O índice de cristalinidade do PCL aumentou em filmes reforçados, indicando que MFCL nucleou cristais de PCL favorecendo a compatibilidade.

INTRODUÇÃO

Policaprolactona (PCL) é um poliéster alifático com aplicação na engenharia tecidual como scaffolds (BINULAL, *et al*, 2014; KOŁBUK, *et al*, 2013) Também usado como fio de suturas, curativos e dispositivos de fixação (POWELL, & BOYCE, 2009; BARNES, *et al*, 2007; LIANG, *et al*, 2007; VENUGOPAL, & RAMAKRISHNA, 2005). A celulose é um polissacarídeo, um polímero natural renovável mais abundante na terra e altamente cristalino que apresenta utilização com ou sem lignina e hemicelulose. Apresenta vantagens inerentes de segurança, biocompatibilidade e biodegradabilidade. Os grupos OH abundantes na celulose favorecem

afinidade para substâncias inorgânicas e orgânicas, propiciando o preparo de materiais híbridos (WANG & ZHAN, 2016). A classe de material celulósico nanométrico inclui as MFC, material fibroso com típico diâmetro das fibrilas individuais na ordem de 10-50 nm (DUFRESNE, 2012) destaca-se pela utilização como reforço quando incorporado em uma matriz polimérica. Microfibrilas de Celulose (MFC) com teor residual de lignina (MFCL) são usadas como reforço por apresentarem propriedades mecânicas e cristalinas (El Baradai, 2016; Chandra, *et al*, 2016) favoráveis. E são obtidas a partir de remanescentes agrícolas como palha de arroz, bagaço de cana e algodão, que após pré-tratamento químico (HERZELE, 2016), e usando como solvente a água, fazem parte da chamada "química verde" (EL BARADAI, *et al*, 2016). MFC são aplicadas para se obter não só melhores propriedades mecânicas de reforço, fadiga e resistência ao impacto (HERZELE, 2016), como também eletrônicas (EL BARADAI, 2016; ADEL, *et al*, 2016). MFCL dispersam muito bem em PCL, proporcionando um aumento no limite de elasticidade e a resistência à tração (CARVELLI, *et al*, 2016). O presente trabalho apresenta produção de Filmes de PCL reforçados por Microfibrilas de Celulose com teor residual de lignina (MFCL), obtidas de Açaí, sendo realizados sua caracterização cristalina e mecânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A semente oriunda do agrocomércio do açaí, na cidade de Belém (PA), foi triturada em moinho, no laboratório de Eco compósitos (UFPA). MFCL foi obtida por método adaptado de Henrique (HENRIQUE, *et al*, 2013), a partir do tegumento da semente do açaí (*Euterpe Oleracea* Mart), utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH); peróxido de hidrogênio (H_2O_2); ácido sulfúrico (H_2SO_4); ácido acético glacial ($C_2H_4O_2$). Para a produção de filmes, foi preparado solução de PCL em diclorometano (1:13 m/v) sob agitação magnética até completa dissolução do pó, adaptado de CUNHA, 2012. Solução aquosa de MFCL foi evaporada com acetona (método casting) e adicionada à solução de PCL, com concentração de MFCL4%, ultrasonificada (Ultrasonic Processor UP 400S) com amplitude de 50% e ciclo de 0,2 por 10 min) e em seguida, vertida em placas de Petri, para evaporação do solvente em temperatura ambiente. Filmes de PCL e de PCL/MCFL foram caracterizados por ensaios mecânicos, sob tração, em equipamento de ensaio universal, fabricante Emic, modelo DL500 com carga máxima de 5kN e velocidade de ensaio de 10 mm/min, as dimensões do corpo de prova foram 10 mm de largura e 0,1 mm de espessura. Os corpos de provas foram construídos de acordo com a norma ASTM- D882-02. A caracterização por Difração de raio X (DRX) de tegumento e filmes de PCL e PCL/MCFL foram realizados em um difratômetro D2 PHASER - BRUKER, operando com 30 kV, 10 mA e radiação de $CuK\alpha$. Os ensaios foram realizados a temperatura ambiente (25 °C) e com ângulos 2θ entre 0 e 70° (0,080°/min). Os índices de cristalinidade (Ic) foram calculados, empregando-se a Eq1 (SEGAL, *et al*, 1959; FERRER, *et al*, 2016) que fornece um valor aproximado de

cristalinidade.

$$I_c = \frac{I(110) - I(am)}{I(110)} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

I_c = Porcentagem de cristalinidade

$I(110)$ = Intensidade no plano (110) (intensidade máxima de difração)

$I(am)$ = Intensidade do material amorfo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1, apresenta curvas representativas dos ensaios de tração de filmes de PCL e de PCL/MFCL, que comprovam reforço ao PCL com o acréscimo MFCL. E observando os resultados dispostos na tabela 1, o filme PCL/MFCL apresentou melhora significativa da tensão de escoamento e uma queda em sua deformação de acordo com LAVOINE (2018) demonstrando aumento da rigidez do PCL com acréscimo de MFCL. Essa propriedade pode ser explicada devido ao formato geométricos semelhante as fibras, com partículas de comprimento de aproximadamente 5 vezes sua largura. Outra observação foi a interação da interface PCL / MFCL. Essa boa adesão foi atribuída ao reforço de microfibrila sem a presença de água. O filme PCL/MFCL apresentou alguns pontos com aglomeração de microfibrilas com tamanhos de 1 a 3 mm de comprimento. E o resultado da tensão máxima do PCL/MFCL, de acordo com HERZELE (2016) é 138% menor.

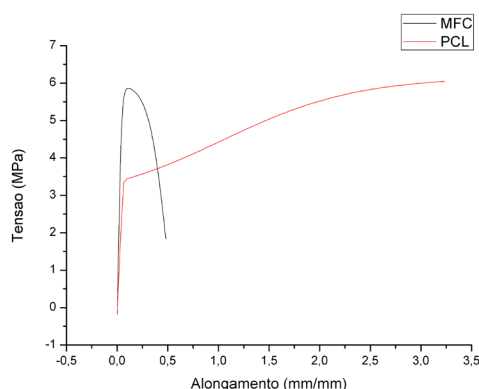


Figura 1: Representação dos ensaios de tração de PCL e de PCL/MFCL PCL.

Filmes	Limite de escoamento (MPa)	Tensão máxima (MPa)	Alongamento (mm/mm)	Modulo de Elasticidade (MPa)
PCL	~3,5	~6,0	~3,2	~1,8
PCL/MFCL	~5,8	~5,8	~0,5	~11,6

PCL / MFCL	5,6 ± 0,6	6,3 ± 0,7	0,7 ± 0,2	139 ± 14,7
PCL	3,9 ± 0,2	5,7 ± 1,9	3,0 ± 2,2	77 ± 12

Tabela 1: Resultados dos ensaios de tração

O índice de cristalinidade de celulose, tabela 2, no tegumento é na ordem de 55,55%, e a cristalinidade de MFCL/PCL é 76,47% sendo observado aumento de cristalinidade do PCL, de acordo com KOŁBUK (2013), indicando que MFCL nucleou cristais de PCL devido afinidades entre a cadeia molecular da matriz polimérica e a superfície do reforço e a influência de restrições geométricas, de acordo HERSHKOVITS-MEZUMAN, 2010. E os filmes de PCL apresentaram índice de cristalinidade de 66%. Os resultados de difração de raio-X são apresentados na figura 2. Valores referentes aos planos cristalográficos estão na tabela 3.

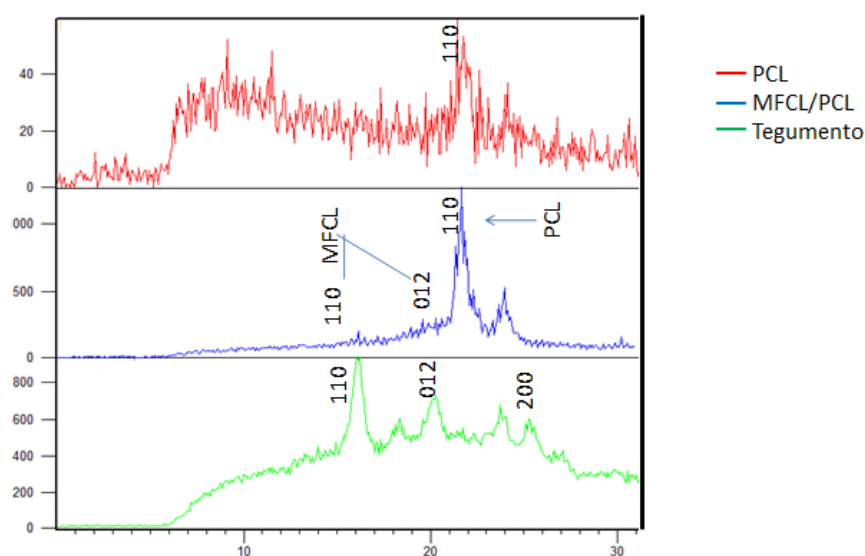


Figura 2: DRX dos filmes PCL; PCL/MFCL e de tegumento de açaí

Material	<i>I_c</i>
Filmes de PCL	66%
Filmes de PCL/MFCL	76%
Tegumento de açaí	55%

Tabela 2: Índice de Cristalinidade

Material	2θ	Planos de celulose	Planos de PCL

Filmes de PCL	21°	-	110
Filmes de PCL/MFCL	16,5°/18,4°/21°	110/012	110
Tegumento de açaí	16,5°/20,90/25,30	110/012/200	-

Tabela 3: Resultados DRX

CONCLUSÕES

A análise de difração de raio X (DRX) revelou melhor cristalinidade no filme PCL/MFCL, onde os cristais de PCL cresceram na interface MFCL/PCL favorecendo a compatibilidade e o ensaio mecânico apresentou aumento de rigidez e da tensão de escoamento e queda em sua deformação pela adição de MFCL. Esses resultados revelam alterações estruturais e correlacionam a cristalinidade à variação nas propriedades mecânicas, oferecendo a possibilidade de utilização do filme PCL/ MFCL para a confecção de material que necessite suportar esforços como compressão e tração.

REFERÊNCIAS

Adel, M. A; El-Gendy, A.A; Diab, M.A; Abou-Zeid, R. E; El-Zawawy, W. K; Dufresne, A. Microfibrillated cellulose from agricultural residues. Part I: Papermaking application. *Industrial Crops and Products*, 2016

BARNES, C.P ; SELL, SA; BOLAND, E.D; SIMPSON, D.G; BOWLIN, G.L. Nanofiber technology: designing the next generation of tissue engineering scaffolds. *Adv. Drug Deliv.Rev.* 59, 1413–1433, 2007.

BINULAL, N.S; NATARAJAN, A; MENON, D; BHASKARAN, V.K;. MONY, U; NAIR S. V. PCL–gelatin composite nanofibers electrospun using diluted acetic acid–ethyl acetate solvent system for stem cell-based bone tissue engineering. *Journal of Biomaterials Science*, Polymer Edition 25:4, pages 325-340, 2014.

CARVELLI, V; BETTI, A; FUJII, T. Fatigue and Izod impact performance of carbon plain weave textile reinforced epoxy modified with cellulose microfibrils and rubber nanoparticles. *Composites: Part A* 84, 26–35,2016.

CHANDRA, C.S. J; GEORGEA, N; NARAYANANKUTTY, S.K. Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre *Carbohydrate Polymers*, 142, 158–166, 2016.

CUNHA T.F. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2012

DUFRESNE, A. Nanocellulose. In: *From Nature to High Performance Tailored Materials. De Gruyter*, 2012.

EL BARADAI, O; BENEVENTI, D; ALLOIN, F; BONGIOVANNI, R; BRUAS-REVERDY, N; BULTEL, Y; CHAUSSY, D. Microfibrillated Cellulose Based Ink for Eco-Sustainable Screen Printed Flexible Electrodes in Lithium Ion Batteries. *Journal of Materials Science & Technology* 32, 566–572, 2016

FERRER, A; SALAS, C; ROJAS, O.J. Physical, thermal, chemical and rheological characterization of cellulosic microfibrils and microparticles produced from soybean hulls. **Industrial Crops and Products**. 84, 337–343, 2016.

HENRIQUE, M.A; SILVÉRIO, H.A; NETO, W.P.F; PASQUINI, D. Valorization of an agro-industrial waste, mango seed, by the extraction and Characterization of its cellulose nanocrystals. **Journal of Environmental Management**. 121, 202e209, 2013.

HERSHKOVITS-MEZUMAN, A ; HAREL H ; WANG, Y ; SOKOLOV, J.C; RAFAILOVICH, M. H. MAROM; G. The effects of interfacial interactions on lamellar morphologies in thin and ultrathin films and nanocomposites of LLDPE. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 41, 1066–1071, 2010.

HERZELE, S; FALK, L; STEFAN, V; TANJA Z; WOLFGANG, G-A. Reinforcement of polycaprolactone with microfibrillated lignocellulose. **Industrial Crops and Products**, 93:302-308, 2016.

KOŁBUK, D; SAJKIEWICZ, P; MANIURA-WEBER, K; FORTUNATO, G. Structure and morphology of electrospun polycaprolactone/gelatine nanofibres, *Eur. Polym. J.* 49 (8), 2052 e 2061, 2013.

LAVOINE, N ; DESLOGES, I; DUFRESNE A; BRAS, J. Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. **Carbohydrate Polymers**, 103 , 528–537, 2014.

LIANG, D; HSIAO, B.S; CHU, B. Functional Electrospun Nanofibrous Scaffolds for Biomedical Applications. **Adv. Drug Deliv. Rev.** 59, 1392–1412, 2007.

POWELL, H.M; BOYCE, S.T. Engineered human skin fabricated using electrospun collagen-PCL blends: morphogenesis and mechanical properties. **Tissue Engineering Part A**, 15, 2177–2187, 2009.

SEGAL, L., GREELY, J.J., MARTIN, A.E., CONRAD, C.M. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using X-ray diffractometer. **Text. Res. J.** 29, 786–794, 1959.

VENUGOPAL, J.; RAMAKRISHNA, S. Biocompatible Nanofiber Matrices for the Engineering of a Dermal Substitute for Skin Regeneration. **Tissue Eng**, 11, 847–854, 2005.

WANG, S; LU, A; ZHAN, L. Recent **Advances** in Regenerated Cellulose Materials. **Progress in Polymer Science**, 53, 169–206, 2016.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt: Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-422-1

