

# Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Alexandre Igor Azevedo Pereira  
(Organizador)

**Alexandre Igor Azevedo Pereira**  
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias  
2**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-587-7 DOI 10.22533/at.ed.877190309  1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série.  CDD 507
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 21 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais.

O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, em seu primeiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*”, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou

as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ONDULAÇÃO GEOIDAL NA MEDIÇÃO DE PONTOS SOBRE A SUPERFÍCIE FÍSICA	
Plinio Temba Júlia Couto Nogueira Vitoria Ellen da Silva Oliveira Marcelo Antonio Nero Marcos Antonio Timbó Elmiro Sandra Cristina Deodoro Daniel Henrique Carneiro Salim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ECLIPSES E ESTAÇÕES DO ANO NO ENSINO MÉDIO	
Arilson Paganotti Marcos Rincon Voelzke Graciene Carvalho Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
O ENSINO DE MATEMÁTICA NA EJA: A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AS PRÁTICAS	
Janaina da Conceição Martins Silva Cibele Paula Silva Marta Aparecida Quintiliano Rabelo Vânia Lúcia Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903096</b>	



**CAPÍTULO 7 ..... 63**

**ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR PARA FONTES LED RGB POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS**

Thiago Lopes Quevedo  
Filipe Melo Aguiar

**DOI 10.22533/at.ed.8771903097**

**CAPÍTULO 8 ..... 76**

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS HIDROTALCITAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO MODIFICADAS COM FERRO (III) E CRÔMIO (III) SINTETIZADAS PELO MÉTODO DA PRECIPITAÇÃO POR HIDRÓXIDOS**

Graciele Vieira Barbosa  
Cintia Hisano  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Maria Aparecida Zaghete Bertochi  
Jusinei Meireles Stropa  
Lincoln Carlos Silva de Oliveira  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.8771903098**

**CAPÍTULO 9 ..... 88**

**CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA NA35 PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Alan Gabriel Adamczewski  
Edson Cezar Grzebielucka  
Eder Carlos Ferreira de Souza  
Maria Elena Payret Arrúa  
André Vitor Chaves de Andrade  
Sandra Regina Masetto Antunes

**DOI 10.22533/at.ed.8771903099**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

**EMBALAGENS: UM ESTUDO DE CASO DA SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SABONETES**

Caroline de Souza Rodrigues  
Carolina Laguna Pimenta  
Laís Cabrerizo Vargas de Almeida  
Marcos Vinícius Pereira da Costa  
Sara Rudek  
Raquel Teixeira Campos

**DOI 10.22533/at.ed.87719030910**

**CAPÍTULO 11 ..... 108**

**ESTUDOS DOS PROCESSOS CORROSIVOS DO ALUMÍNIO AA 3003 EM MEIO DE ETANOL E GASOLINA**

Mayara Soares  
Carine Vieira  
Cynthia Beatriz Fürstenberger  
Danielle Borges  
Danielle Cristina Silva Olizeski  
Felipe Staciaki da Luz  
Everson do Prado Banczek

**DOI 10.22533/at.ed.87719030911**



**CAPÍTULO 12 ..... 120**

EXTRAÇÃO, ANÁLISE E ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE OBTENÇÃO DE ERGOSTEROL EM RESÍDUOS DE *Ganoderma lucidum* (FR.) KRAST (GANODERMATACEAE)

Bianca de Araujo Ribeiro Rodrigues  
Marcelo Telascrêa  
Raquel Teixeira Campos  
Oswaldo Luiz Gonçalves da Cunha  
Márcia Ortiz Mayo Marques

**DOI 10.22533/at.ed.87719030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 132**

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini  
André Antunes da Silva  
Bruno Henrique de Santana Gois  
Jessyka Carolina Bittencourt  
Clarissa de Almeida Olivati  
Pedro Leonardo Silva  
Vagner dos Santos  
Wilson Silva Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.87719030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 142**

INVESTIGAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO ESTABILIZADO COM ZIRCÔNIO E SILÍCIO COMO MATRIZ PARA NOVOS DOPANTES

Natali Amarante da Cruz  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Maria Aparecida Zaghete Bertochi  
Silvanice Aparecida Lopes dos Santos  
Lincoln Carlos Silva de Oliveira  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.87719030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 154**

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRA DE CAPIM CAPETA: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Douglas Santos Silva  
Igor dos Santos Gomes  
Edil Silva de Vilhena  
Edielson Silva de Vilhena  
Rodrigo da Silva Magalhães Dias  
Maurício Maia Ribeiro  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.87719030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

MICROBALANÇA DE CRISTAL DE QUARTZO NO MONITORAMENTO DE REAÇÕES EM TEMPO-REAL

Cesar Augusto Tischer  
Gina Alejandra Gil Giraldo

**DOI 10.22533/at.ed.87719030916**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

**PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO**

Rafael Rodrigues Gomes  
Diego Martinez Prata  
Lizandro de Sousa Santos

**DOI 10.22533/at.ed.87719030917**

**CAPÍTULO 18 ..... 193**

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BLENDA DE POLI(CAPROLACTONA) E ACETATO DE CELULOSE CONTENDO ÁCIDO ASCÓRBICO**

Sthefany Ananda Bruna Almeida Mendes  
Maria Oneide Silva de Moraes  
Tainah Vasconcelos Pessoa  
Taisa Lorene Sampaio Farias  
Catarina Barbosa Levy  
Ivanei Ferreira Pinheiro  
Walter Ricardo Brito  
João de Deus Pereira de Moraes Segundo

**DOI 10.22533/at.ed.87719030918**

**CAPÍTULO 19 ..... 202**

**SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL**

Eliane Kujat Fischer  
Vinícius Moreira Alves  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Maria Aparecida Zaghete Bertochi  
Graciele Vieira Barbosa  
Cintia Hisano  
Silvanice Lopes dos Santos  
Lincoln Carlos Silva de Oliveira  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.87719030919**

**CAPÍTULO 20 ..... 214**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROTALCITAS FOSFATADAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO POR COPRECIPITAÇÃO**

Alberto Adriano Cavalheiro  
Sabrina Vitor Gonçalves  
Creuza Kimito Caceres Kawahara  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Graciele Vieira Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.87719030920**

**CAPÍTULO 21 ..... 225**

**COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO**

Fábio Friol Guedes de Paiva

Vitor Peixoto Klienchen de Maria  
Giovani Barrera Torres  
Guilherme Dognani  
Renivaldo José dos Santos  
Flávio Camargo Cabrera  
Aldo Eloizo Job

**DOI 10.22533/at.ed.87719030921**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>235</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>236</b>

## COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO

### Fábio Friol Guedes de Paiva

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Presidente Prudente – São Paulo

### Vitor Peixoto Kliench de Maria

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Presidente Prudente – São Paulo

### Giovani Barrera Torres

Instituto Tecnológico Metropolitano, Faculdade de Artes e Humanas, Medellín – Colômbia

### Guilherme Dognani

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Presidente Prudente – São Paulo

### Renivaldo José dos Santos

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Experimental de Rosana - São Paulo

### Flávio Camargo Cabrera

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física, Presidente Prudente – São Paulo

### Aldo Eloizo Job

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Física, Presidente Prudente – São Paulo

se a necessidade em desenvolver processos sustentáveis, bem como reduzir e reaproveitar os resíduos gerados pelo setor agroindustrial. Os biomateriais surgem como uma nova alternativa para geração de materiais ecológicos, de baixo custo e baixa densidade, tal como não derivados do petróleo. Neste contexto, foram desenvolvidos biocompósitos com a reutilização da fibra do bagaço da cana-de-açúcar *in natura* (FB) e tratada (FBT) em meio alcalino (10%*m* NaOH), incorporados em frações de 10 a 40 phr (*per hundred rubber*). O tratamento alcalino resultou em um aumento significativo das propriedades mecânicas dos materiais comparados aos não tratados, reduzindo em 20% a rigidez, aumentando em até 98% a resistência a tração e 80% o alongamento à ruptura dos biocompósitos com 40 phr de fibra do bagaço da cana-de-açúcar. Os resultados demonstraram a eficiência do tratamento alcalino na melhoria da interação física entre a fibra e a matriz polimérica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocompósitos; vulcanização; borracha natural; resíduo industrial; bagaço da cana-de-açúcar.

**ABSTRACT:** In the last decades, the agricultural production increase has intensified the sustainable processes search, as well reducing and reusing the residues generated by the agroindustrial sector. Biomaterials arise as

**RESUMO:** Nas últimas décadas, com o aumento da produção agrícola, intensificou-

a new alternative for the generation of environmentally friendly materials, low-cost, low-density materials such as renewable products. In this context, biocomposites were developed reusing fiber of untreated and treated sugarcane bagasse in alkaline medium (10% m NaOH), incorporated in the natural rubber in the fractions from 10 to 40 phr (per hundred rubber). The Alkaline treatment showed a significant increase of the mechanical properties compared to the untreated samples, reducing the hardness 20% and, increasing tensile strength up to 98% and the elongation at break for 40 phr composite (treated). The results show the efficiency of the alkaline treatment improving the physical interaction between the fiber and the polymer matrix.

**KEYWORDS:** Biocomposites; vulcanization; natural rubber; industrial residue; sugarcane bagasse.

## 1 | INTRODUÇÃO

O bagaço da cana-de-açúcar é um resíduo orgânico gerado do processo produtivo do açúcar e álcool. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com safra em 2017/2018 de 633,26 milhões de toneladas, sendo estimado que a tonelada da cana-de-açúcar produzida gera aproximadamente 300 kg de bagaço (SILVA, 2017).

Devido ao fácil processamento, baixo custo e baixa densidade dos resíduos orgânicos, diversos autores Moubarik (2013); Light et al. (2016); Huang (2017); Cao (2006); Formela et al. (2016); Pongdong et al. (2016); Neto et al. (2016) vêm estudando a influência das fibras naturais nas propriedades mecânicas, térmicas e estruturais em matrizes poliméricas. No entanto, a natureza hidrofílica dos resíduos orgânicos, oriundos de grupos hidroxilas fortemente polarizadas, limita a adesão interfacial entre a carga e a matriz polimérica, que é normalmente hidrofóbica, resultando na perda de propriedade mecânica (WESTERLIND, 1988). Tratamentos superficiais com ácido sulfúrico, hidróxido de sódio e silano vem sendo estudados para neutralizar os grupos hidroxilas dos polímeros, aumentando a adesão interfacial (MOTAUG et al., 2015; HOSSAIN et al., 2014; BRAHMAKUMAR et al., 2005; ABDELMOULEH et al., 2007).

O presente estudo descreve um novo biocompósito a partir da reutilização da fibra do bagaço da cana-de-açúcar, um resíduo industrial encontrado em grandes quantidades, como reforço em matriz polimérica de borracha natural. O tratamento superficial das fibras por meio de hidróxido de sódio foi analisado, resultando em aumento do desempenho mecânico dos materiais produzidos.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais Utilizados

O bagaço da cana-de-açúcar foi doado pela empresa *Clealco Açúcar e Álcool*

S.A, da cidade de Clementina- SP. IO bagaço foi primeiramente seco em estufa a 80 °C durante 24 h, foi então micronizado utilizando um *Micronizador Schilling* (modelo MC 250), para a redução das partículas de resíduo. Por fim o bagaço foi peneirado com auxílio de uma massa vibratória *Bertel* (Figura 1). O crepe claro brasileiro (CCB) foi a tipologia de borracha natural utilizada, doada pela *DLP Ind. e Com. de Borracha e Artefatos*, com viscosidade superior a 98. Para o tratamento alcalino, o hidróxido de sódio lentilhas PA foi adquirido da *Synth Comércio de reagentes e vidrarias*.

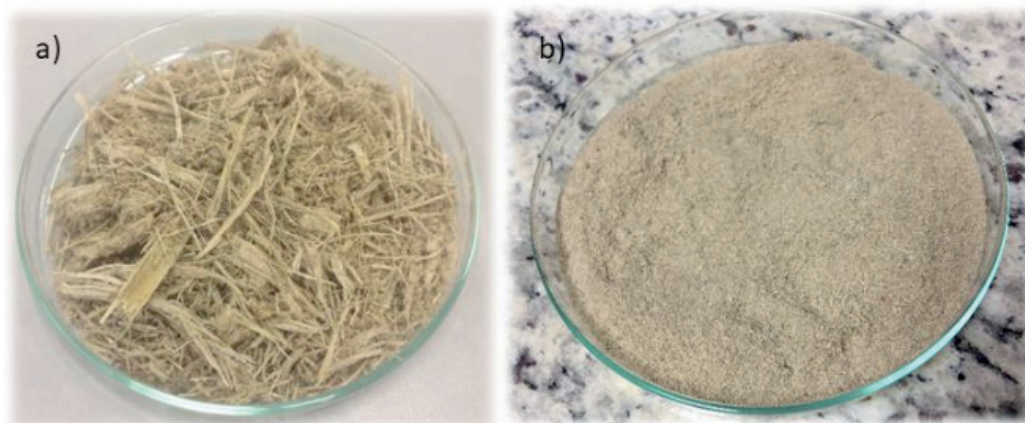


Figura 1: Bagaço da cana-de-açúcar obtida da indústria (a) e o bagaço da cana-de-açúcar micronizado (b).

## 2.2 Tratamento Alcalino

Adaptando o método utilizado por Sanchez et al. (2010), foi realizado um tratamento alcalino de 10%*m* de hidróxido de sódio (NaOH) com 1,0 grama de fibra imersa em cada 10 mL de solução por 24 horas a 25 °C e, posteriormente, o pH da solução foi ajustado e estabilizado por 1 hora com 2%*v* de ácido acético até atingir o pH de 7.0, promovendo a deslignificação da fibra (Figura 2). As fibras foram secas a 80 °C por 48 horas em estufa e peneirada para obtenção de material particulado de 170 *mesh* (0.088 mm de diâmetro).

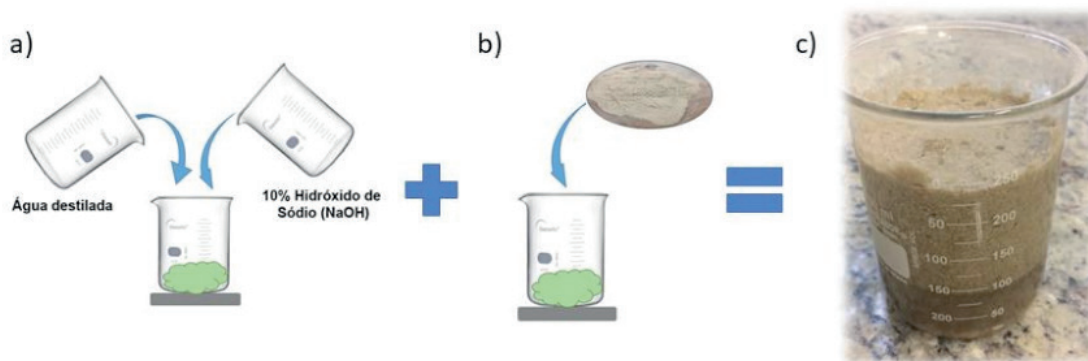


Figura 2: Procedimento do tratamento alcalino. (a) solução de NaOH 10%*m*, (b) adição do bagaço da cana-de-açúcar, (c) tratamento alcalino com as fibras do bagaço imersas em solução alcalina.



## 2.3 Preparação dos Compósitos

Os compósitos foram preparados através da incorporação do bagaço da cana-de-açúcar com e sem tratamento em matriz de borracha natural e em proporções de 10 a 40 phr. A mistura foi realizada em duas etapas em um cilindro aberto de rolos (*Makintec*, Modelo 379) com fricção de 1,0:1,25 com adição de aditivos ao longo das etapas. Na primeira etapa, foram incorporados óxido de zinco e ácido esteárico na borracha natural *in natura* até completa homogeneização. A mistura é deixada em descanso por 24 horas para permitir a formação de estearato de zinco, composição que age sinergicamente facilitando a ação dos aceleradores e enxofre no processo de reticulação entre cadeias (vulcanização). Na segunda etapa, foram adicionados óleo parafínico para melhorar a dispersão do resíduo, seguido pela adição do resíduo, antioxidante, aceleradores (TMTM e MBTS) e enxofre, em proporções listados na tabela 1.

Materiais	Formulação dos compósitos				
	BN	BN/FB <sub>10</sub>	BN/FB <sub>20</sub>	BN/FB <sub>30</sub>	BN/FB <sub>40</sub>
Borracha Natural (BN)	100	100	100	100	100
Ácido Esteárico	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Óxido de Zinco	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Óleo Parafínico	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Bagaço da cana-de-açúcar	0	10	20	30	40
Antioxidante	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
MBTS <sup>a</sup>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
TMTM <sup>b</sup>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Enxofre	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75

a Dissulfeto de dibenzotiazol-2-il

b Tetrameti Tiuram Monossulfeto

Tabela 1: Formulação dos compósitos de borracha natural com incorporação de bagaço de cana-de açúcar (phr).

## 2.4 Caracterização dos Materiais

A composição química do bagaço da cana-de-açúcar foi obtida pela análise de Fluorescência de Raios-X, pelo laboratório Bioagri Ambiental, em Piracicaba (SP). Os compósitos foram submetidos ao teste de dureza em Duromêtro *Kiltler*, em escala Shore A de acordo com a ASTM D 2240. Posteriormente, as amostras foram analisadas pela técnica de abrasão, a partir de um cilindro rotativo da *MAQTEST* – Autom. e Contr. Ind. Ltda., conforme a ASTM D 5963. Neste teste, as amostras foram submetidas a uma distância de atrito de 40 metros, correspondendo a 84 rotações do cilindro, sob uma força de  $5 \pm 2$  N ( $1,125 \pm 0,02$  lbf). O teste de tensão x deformação foi realizado em amostras cortadas em fôrmas do Tipo C, de acordo com a ASTM D 412 Método A, e realizadas em um equipamento da marca *EMIC* modelo DL 2000, a



500 mm / min e com célula de carga de 0,5 kN. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 2 é apresentada a composição química da fibra do bagaço da cana-de-açúcar. Dentre as composições inorgânicas do resíduo, destaca-se a alta concentração de  $\text{SiO}_2$  (70,6%), entre outros óxidos. Essas concentrações variam conforme o solo da região e o método de coleta do bagaço (TEIXEIRA, 2008). No entanto, composições de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$  e Cl podem estar atribuídas a adubação utilizada e o tipo de solo, bem como os herbicidas aplicados.

Fluorescência de Raios-X	
Componente	Resultado (%)
$\text{SiO}_2$	70,6
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	12,0
$\text{K}_2\text{O}$	6,8
CaO	4,3
$\text{TiO}_2$	1,4
$\text{SO}_3$	1,3
$\text{P}_2\text{O}_5$	1,1
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1,0
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,7
Cl	0,4
MnO	0,2
Outros	0,2

Tabela 2: Composição química do resíduo do bagaço da cana-de-açúcar analisado por fluorescência de raios-X.

Compostos com base em sílica ( $\text{SiO}_2$ ), são muito utilizados em materiais poliméricos, sua incorporação é associada a boa interação entre carga-matriz, melhorando as propriedades mecânicas dos compósitos. Com a alta concentração de sílica na composição do bagaço de cana utilizado, este resíduo se torna uma carga alternativa com altas concentrações de agente facilitador de reticulação e consequentemente capaz de promover melhorias nas propriedades mecânicas do material final.

A tabela 3 mostra o tamanho médio de fibras antes e após o tratamento alcalino. O tratamento alcalino contribui para a redução do comprimento e diâmetro das fibras devido ao processo de deslignificação. Pode-se observar a diminuição do comprimento médio das fibras de 157 para 123  $\mu\text{m}$  e diâmetro médio de 53,5 para 35,1  $\mu\text{m}$ , reduzindo 22% e 34%, respectivamente. Este resultado pode estar atribuído ao tratamento alcalino agir na superfície das fibras, quebrando a lignina e hemicelulose presentes nas fibras orgânicas (KABIR, 2013). Além disso, a redução do

comprimento e diâmetro aumentou a razão comprimento/diâmetro, ampliando a área superficial efetiva disponível para contato com a matriz (JOSEPH, 1996). Portanto, esta característica permite maior transferência de tensão quando solicitado esforços mecânicos, podendo contribuir para o aumento das propriedades mecânicas dos compósitos.

Partículas	Comprimento Médio ( $\mu\text{m}$ )	Diâmetro Médio ( $\mu\text{m}$ )	Razão (Comp./Diâm.)
FB	157 $\pm$ 42.2	53.5 $\pm$ 10.1	2.93
FBT	123 $\pm$ 26.3	35.1 $\pm$ 8.3	3.51

Tabela 3: Comprimento médio, diâmetro médio e razão de aspecto das partículas de fibra do bagaço da cana-de-açúcar (FB) e fibras do bagaço da cana-de-açúcar tratadas (FBT).

As propriedades de abrasão podem ser observadas no Figura 3. Os resultados indicam um aumento crescente da perda por abrasão dos compósitos sem tratamento, isto é, redução da resistência abrasiva. A resistência apenas aumenta com a incorporação de 10 *phr* de bagaço tratado, podendo estar atribuído a melhor dispersão na matriz polimérica, bem como devido ao aumento da área de contato da fibra. No entanto, a incorporação de quantidades superiores a 10 *phr* de FBT reduz a resistência a abrasão, podendo estar associado ao ponto de saturação da adição de carga.

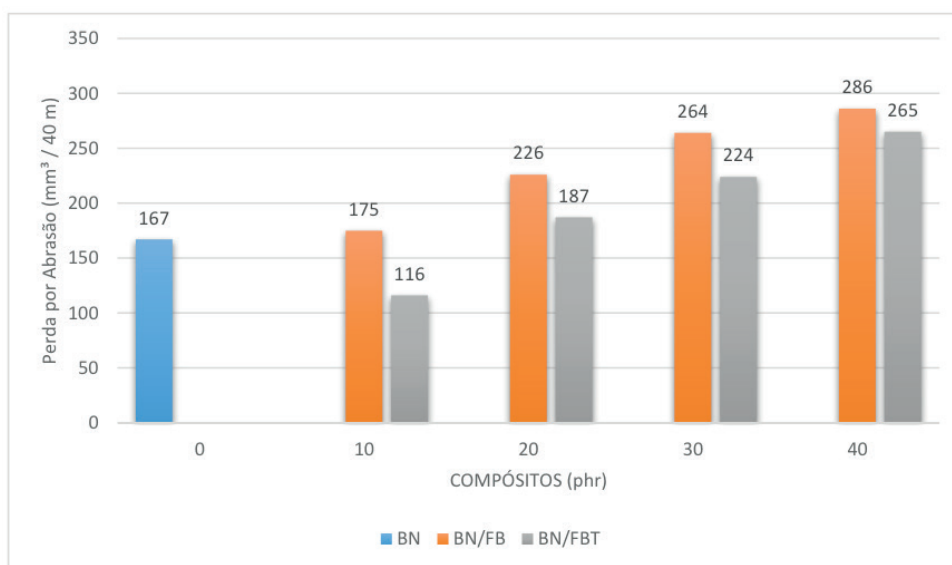


Figura 3: Perda por abrasão da borracha natural e dos compósitos com FB e FBT.

O tratamento alcalino causa um aumento menos acentuado da rigidez dos compósitos em relação aos compósitos com fibras não tratadas, conforme demonstrado na Figura 4. Isto pode estar associado a melhor interação e dispersão da carga na matriz polimérica, resultando em menores regiões de aglomerados, causando superfície e volumes menos irregulares, fatores que comprometem as propriedades mecânicas dos materiais.

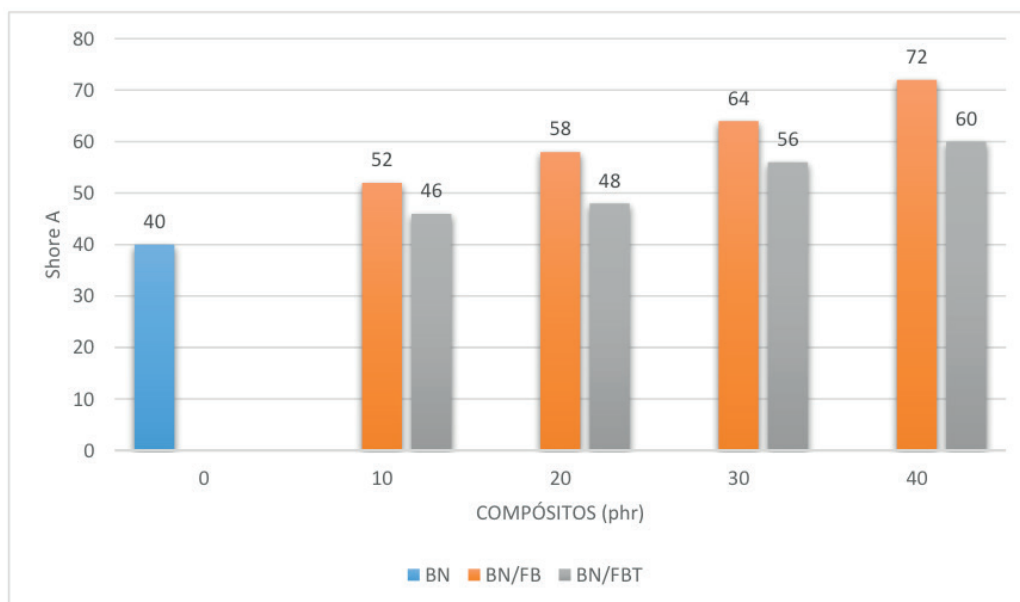


Figura 4: Dureza da borracha natural e dos compósitos com FB e FBT.

Nas propriedades de tensão e deformação os compósitos tratados obtiveram melhoria expressiva em relação aos não tratados (Figura 5). Para os compósitos com maior adição de carga (40 *phr*), a BN/FBT obteve 7.4 MPa de tensão de ruptura, enquanto a BN/FB reduziu para 3.7 MPa, resultando em um aumento de 98% das propriedades de tensão de ruptura para o bagaço tratado. Este comportamento está associado ao aumento da superfície de contato da fibra, que com maior adesão à matriz possibilita uma melhor transferência de tensão entre carga/matriz.

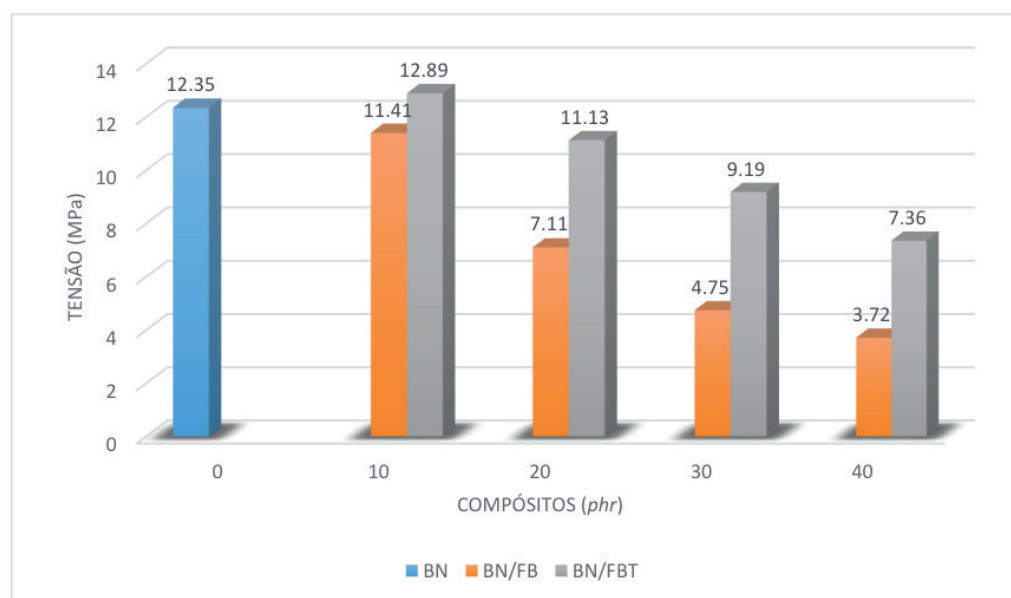


Figura 5: Tensão de ruptura da borracha natural e dos compósitos com FB e FBT.

Valores superiores de deformação das amostras são obtidas nos compósitos de até 30 *phr* de resíduo tratado (591,52%) em relação a borracha natural sem incorporação de resíduo (565%). Além disso, as amostras tratadas com 40 *phr* obtiveram valor 80%

superior às não tratadas, evidenciando a melhoria nas propriedades mecânicas dos compósitos por meio do tratamento alcalino proposto (Figura 6).

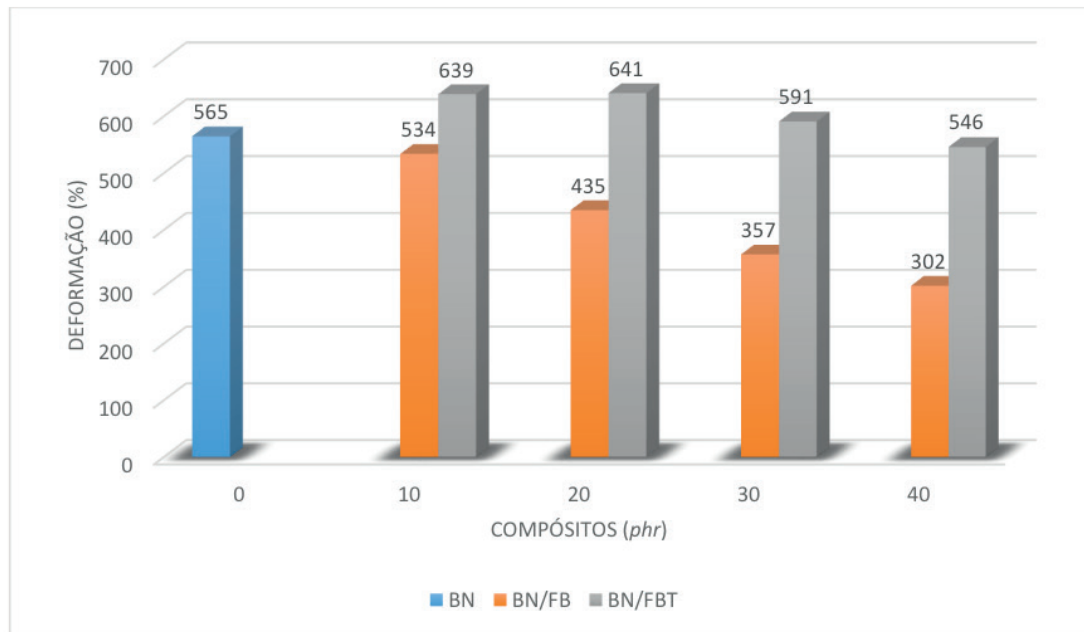


Figura 6: Deformação de ruptura da borracha natural e dos compósitos com FB e FBT.

As propriedades mecânicas são melhoradas devido a melhor aderência física entre a matriz polimérica e a carga, que é resultado de duas fases no compósito: a fase matriz e a fase particulada. A melhor adesão interfacial entre a carga e a matriz restringe a movimentação da fase matriz, que resulta na transferência de parte da tensão para o material particulado, precisando de maior energia para ocorrer o rompimento do compósito.

#### 4 | CONCLUSÃO

As propriedades mecânicas dos compósitos reforçados com bagaço da cana-de-açúcar foram investigadas em função da incorporação de um resíduo industrial, o bagaço de cana de açúcar. Os compósitos foram testados utilizando o bagaço com e sem o tratamento alcalino. O material produzido com 10 *phr* de fibra tratada obteve os melhores resultados mecânicos. No entanto, o tratamento alcalino proporcionou em todos os compósitos produzidos (10, 20, 30 e 40 *phr*) um aumento nas propriedades mecânicas em relação aos compósitos com bagaço não tratado. Assim, o tratamento alcalino proposto neste trabalho mostrou-se eficiente para o tratamento de fibras de bagaço de cana-de-açúcar, tornando este resíduo uma alternativa promissora para a fabricação de compósitos de borracha natural, agregando valor ao resíduo utilizado.

## REFERÊNCIAS

- ABDELMOULEH M. **Short natural-fibre reinforced polyethylene and natural rubber composites: effect of silane coupling agents and fibres loading.** *Composites science and technology*, v. 67, p. 1627-1639, 2007.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **"D 2240. Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness"**, (2010).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **"D 5963 Test Method for Rubber Property - Abrasion Resistance (Rotary Drum Abrader)"** (2010).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **"D 412 – 06<sup>a</sup>. West Conshohocken"**, (2008).
- BRAHMAKUMAR, M. **Coconut fiber reinforced polyethylene composites: effect of natural waxy surface layer of the fiber on fiber / matrix interfacial bonding and strength of composites.** *Composites Science and technology*, v. 65, p. 563-569, 2005.
- CAO, Y. **Mechanical properties of biodegradable bagasse fiber composites reinforced with alkali before and after treatments.** *Composites Part A: Applied science and Manufacturing*, v. 37, p. 423-429, 2006.
- FORMELA, K., et al. **Processing and structure–property relationships of natural rubber/wheat bran biocomposites.** *Cellulose*, v. 23, n. 5, p. 3157-3175, 2016.
- HOSSAIN, M.K., et al. **Comparative mechanical and thermal study of chemically treated and untreated single sugarcane fiber bundle.** *Industrial Crops and Products*, v. 58, p. 78-90, 2014.
- HUANG, L. **Effects of preparation conditions on properties of rigid polyurethane foam composites based on liquefied bagasse and jute fiber.** *Polymer Testing*, v. 60, p. 266-273, 2017.
- JOSEPH, K. **Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites.** *Polymer*, v. 37, n. 23, p. 5139-5149, 1996.
- KABIR, M. M. **Tensile properties of chemically treated hemp fibres as reinforcement for composites.** *Composites Part B: Engineering*, v. 53, p. 362-368, 2013.
- LIGHT, S.M., et al. **Polypropylene composites reinforced with biodegraded sugarcane bagasse fibers: Static and dynamic mechanical properties.** *Materials Research*, v. 19, p. 75-83, 2016.
- MOTAUNG, T.E. **Effect of alkali and acid treatment on thermal degradation kinetics of sugar cane bagasse.** *Industrial Crops and Products*, v. 74, p. 472-477, 2015.
- MOUBARIK, A. **Structural and thermal characterization of Moroccan sugar cane bagasse and Their Applications cellulose fibers as a reinforcing agent in low density polyethylene.** *Composites Part B: Engineering*, v. 52, p. 233-238, 2013.
- NETO, W. P. F., et al. **Mechanical properties of natural rubber nanocomposites reinforced with high aspect ratio cellulose nanocrystals isolated from soy hulls.** *Carbohydrate polymers*, v. 153, p. 143-152, 2016.
- PONGDONG, W., et al. **Property correlations for dynamically cured rice husk ash filled epoxidized natural rubber/thermoplastic polyurethane blends: Influences of RHA loading.** *Polymer Testing*, v. 53, p. 245-256, 2016.
- SANCHEZ, E. **Unsaturated Polyester Resin Composite with Sugar Cane Bagasse: Influence of Treatment on the Fibers Properties.** *Polímeros*, v. 20, p. 194-200, 2010.

SILVA, D. C., et al. **Effect of the reaction medium on the immobilization of nutrients in hydrochars Obtained using sugarcane industry residues.** Bioresource Technology, v. 237, p. 213-221, 2017.

TEIXEIRA, S.R., et al. **Sugarcane bagasse ash as a potential replacement quartz in red ceramic.** Journal of the American Ceramic Society, v. 91, p. 1883-1887, 2008.

WESTERLIND, B.S. **Surface energy of untreated and surface-modified cellulose fibers.** Journal of Applied Polymer Science, v. 36, p. 523-534, 1988.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Alexandre Igor Azevedo Pereira** - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Argila aniônica 76  
Astronomia 19, 20, 21, 23, 27, 28  
Ativação ácida 88, 90

### B

Biocompósitos 225

### C

CCT 203, 209  
Cerâmica dielétrica 203  
Combustível 119  
Compósitos poliméricos 155

### D

Dissipação de calor 63

### E

Eclipses 19, 20  
Educação em tempo integral 29  
Eletrofiação 9, 132  
Embalagem 101, 106, 107  
Ensino de matemática 29  
Ergosterol 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129  
Espectrofotometria 120, 125  
Etanol 109, 114, 115, 118, 119, 184, 185, 187, 188, 191

### F

Filmes 173, 174, 193  
Filmes poliméricos 193  
Formação de professores 41

### G

Ganodermalucidum 130

### M

Método Sol-Gel 144, 203, 205, 206  
Modelagem 63

### N

Nanofibras 134, 136

### O

Oficina 14, 16, 18  
Ondulação geoidal 6, 10, 11

Origami modular 29

## **P**

Padrão 10, 51, 126

Perfilamento laser 1

Perovskita 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211

Potenciação 51

Proporção 51, 61

## **S**

Sabonetes 101

Semicondutor 143

Simulação computacional 63

Sohxlet 120, 121

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-587-7



9 788572 475877