

# Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

**Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)**



# Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia de materiais e metalúrgica [recurso eletrônico] : tudo à sua volta / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-108-4            DOI 10.22533/at.ed.084201506</p> <p>1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Dallamuta, João.            CDD 620.002854</p>
<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

Nos dias atuais, com uma escassez cada vez maior de matéria prima e energia, buscar novas formas de produção ecologicamente corretas é um diferencial ao setor industrial. Neste contexto as pesquisas nesta área veem crescendo e se tornando uma das grandes vertentes da engenharia de materiais, buscando-se a melhoria de materiais, aliando-se novos componentes e reutilizando materiais de descarte.

Neste e-book são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados ao desenvolvimento de materiais, bem como a reutilização de subprodutos da construção civil, vislumbrando a uma melhoria tanto de novos materiais, como a um descarte inteligente e eficiente de resíduos. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UM ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DAS TURBINAS GERADORAS DE ENERGIA EÓLICA, NOS PARQUES EM PERNAMBUCO	
Kaio Moab de Oliveira Silva Joaci Galindo Veronica Alves Teixeira Vitor Bismark Ferreira de Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE LAMINAÇÃO TESTADA ATRAVÉS DE ENSAIO DE DUREZA E ENSAIO METALOGRÁFICO	
Gabrielle Schultz Braz Gabriel Inácio Pontin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
ANÁLISE DAS JUNTAS SOLDADAS NA UNIÃO DA ESTRUTURA DO VEÍCULO BAJA SAE	
Henrique Ajuz Holzmann Victor Henrique Javara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ANÁLISE EXPERIMENTAL E ANALÍTICA DA INFLUÊNCIA DA RAZÃO W/D EM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE POLIÉSTER REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO/JUTA	
Raphael Siqueira Fontes Sérgio Renan Lopes Tinô Ana Cláudia de Melo Caldas Batista Eve Maria Freire de Aquino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
EFEITOS DE PÓS CERÂMICOS ATIVOS NAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS À BASE DE PVDF	
Eriton Rodrigo Botero Jaldair de Araújo e Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>62</b>
SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS VIA ROTAS QUÍMICA E ELETROQUÍMICA E SUA OTIMIZAÇÃO	
Arthur da Rocha Albertini Guilherme Frederico Bernardo Lenz e Silva Rodrigo Labat Marcos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
TRANSFORMAÇÃO DE REJEITOS DE LAVAGEM DE BAUXITA DA AMAZÔNIA EM MATERIAL TIPO HIDROGROSSULAR (KATOITA) DE $\text{Ca}_3\text{Fe/Al}_2(\text{OH})_3$	
Renata de Sousa Nascimento Bruno Apolo Miranda Figueira	

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DO COCO BABAÇU

Márcio do Nascimento Silva

Deuzuíta dos Santos Freitas Viana

Lívia Racquel de Macêdo Reis

Wendel Melo Prudêncio de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.0842015068

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DE CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM INSERÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) E CINZAS DE CASCA DE ARROZ (CCA)

Christa Korzenowski

Rosangel Rojas Agüero

Ronaldo Beraldin da Silva

Priscila Marques Correa

Luiz Carlos Pinto Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.0842015069

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 113**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 114**

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DO COCO BABAÇU

*Data de aceite: 05/06/2020*

### **Márcio do Nascimento Silva**

Graduando em Engenharia Civil  
Centro Universitário UniFACID-Wyden  
Engenharia, Teresina-PI  
marcio410@hotmail.com

### **Deuzuíta dos Santos Freitas Viana**

Licenciatura Plena em Ciências Biológicas  
Engenharia Agrônômica  
Centro Universitário UniFACID-Wyden  
Engenharia, Teresina-PI  
deuzuitasfv@gmail.com

### **Lívia Racquel de Macêdo Reis**

Engenharia Civil  
Centro Universitário UniFACID-Wyden  
Engenharia, Teresina-PI  
liviareis@gmail.com

### **Wendel Melo Prudêncio de Araújo**

Engenharia Civil  
Centro Universitário UniFACID-Wyden  
Engenharia, Teresina-PI  
wendelprudencio@hotmail.com

**RESUMO:** A aplicação do Concreto Reforçado com Fibras, visando melhorar alguns aspectos de resistência à tração, tem despertado interesse na utilização de compósitos que asseguram ao

concreto um maior controle de fissura. Assim, em uma sociedade cada vez mais atenta as questões ambientais, a utilização de materiais naturais indica uma saída sustentável. As fibras naturais apresentam benefícios por ser um material renovável e em larga escala, possuindo dessa forma, uma efetivação de baixo custo. Uma dessas fibras que estão presentes em grande quantidade, é do coco babaçu. Não obstante, este trabalho apresenta como objetivo avaliar as propriedades do concreto através da adição de fibras do coco babaçu. Dessa forma, esse trabalho é uma revisão de literatura em que há a adição de fibras do coco babaçu, na qual, baseia-se na sustentabilidade, visto que, esse material pode ser uma alternativa para a construção civil. À utilização das fibras de coco pode colaborar para o aumento da resistência do concreto, além de contribuir significativamente para o setor, levando-se em consideração diversos impactos e contenção de recursos não renováveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto; Coco babaçu; Fibras; Resistência.

**ABSTRACT:** The application of Fiber Reinforced Concrete, in order to improve some aspects of tensile strength, has aroused interest in the use of composites that ensure concrete a greater crack control. Thus, in a society

increasingly aware of environmental issues, the use of natural materials indicates a sustainable way out. Natural fibers have benefits for being a renewable and large-scale material, thus having a low cost effectiveness. One of these fibers that are present in large quantities, is the babassu coconut. Nevertheless, this work aims to evaluate the properties of concrete through the addition of babassu coconut fibers. Thus, this work is a literature review in which there is the addition of babassu coconut fibers, in which, it is based on sustainability, since this material can be an alternative for civil construction. The use of coconut fibers can contribute to increasing the strength of concrete, in addition to contributing significantly to the sector, taking into account various impacts and containment of non-renewable resources.

**KEYWORDS:** Concrete; Babassu coconut; Fibers; Resistance.

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é importante nos aspectos econômicos e sociais, o que se apresenta em todas as peculiaridades de sua cadeia produtiva. Discussões a respeito dos aspectos ambientais tem ganhado cada vez mais força na sociedade atual, acredita-se que o futuro da humanidade depende principalmente da ação do homem.

Há alguns anos tem sido crescente o desenvolvimento de compósitos reforçados por fibras vegetais, assim, sendo uma alternativa viável para o meio ambiente e reduzindo o impacto ambiental. O uso de fibras vegetais em materiais de construção tende a corroborar para diminuição da extração dos recursos não renováveis necessários para a produção de alguns compósitos cimentícios.

O Brasil é um dos países que apresenta uma grande variedade de biomassa, e uma extensão cultivável, sendo que esses potenciais podem ser explorados significativamente.

O Nordeste tem uma abundância em fibras naturais, dentre essas elas destacam-se o Buriti (*Mauritia Flexuosa*), o Babaçu (*Orbignya Phalerata*), a Carnaúba (*Copernicia Prunífera*), a Mamona (*Ricinus Communis*) e o Tucum (*Astrocaryum Vulgare*) (FRANCO, 2010). O uso desses recursos é restrito, sendo usuais nos afazeres domésticos, biodiesel, óleo, fonte de energia e de uso artesanal.

As fibras podem ser utilizadas na indústria, em processos de fabricação de produtos destinados a comercialização, assim apresentando elementos positivos por serem renováveis e biodegradáveis.

A adição de fibras nas matrizes pode melhorar as suas propriedades mecânicas, como a resistência à tração, à flexão e ao impacto. Além disso, altera seu comportamento após fissuração diminuindo os efeitos de uma ruptura brusca da matriz cimentícia (AGOPYAN & SAVASTANO JUNIOR, 2007).

Os compósitos no ramo da engenharia originam-se da combinação de dois ou mais elementos diferentes, podendo obter um material na qual suas propriedades são superiores, podendo ser até melhor em alguns aspectos. Para a utilização das fibras, é necessário conhecer suas propriedades, dessa forma, é fundamental o uso de técnicas, e a partir de então, desenvolver métodos de utilização e processamento de novos materiais, com base em fibras vegetais.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Babaçu

O Babaçu (*Orbignya Phalerata*) é uma palmeira robusta, com tronco simples, chegando até a uma altura de 20 metros. Ela produz frutos de coloração marrom, o babaçu compõe-se de um cacho com número de cocos entre 150 a 250, apresentando em média de quatro cachos em uma palmeira, sendo uma palmeira do tipo mono caule.

O Brasil possui vastos babaçuais espalhados na região sul da bacia amazônica, na qual a floresta úmida cede lugar para a vegetação típica do cerrado. As maiores concentrações de babaçuais estão nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins constituídas de agrupamentos densos e homogêneos, além desses estados, destacam-se também Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo com babaçuais de *Orbignya spp.*

A região compreendida entre Maranhã, Piauí e Tocantins é considerada a de maior concentração de plantas oleaginosas do mundo e fonte da maior produção extrativista vegetal (FRANCO, 2010).

No Piauí o babaçu está presente na região do baixo Parnaíba, incluindo cerca de 33 municípios, nas quais os maiores produtores são: Teresina, União, Palmeirais, Barras, Miguel Alves, Luzilândia, Matias Olímpio e Esperantina. O coco babaçu cai de maneira espontânea da palmeira, após a sua maturação, o coco é composto por Epicarpo, Mesocarpo, Endocarpo e Amêndoa. O epicarpo corresponde a 11% do peso do fruto, ele pode ser utilizado na produção de biocombustível e na queima direta em caldeiras. O mesocarpo é a massa que fica entre o epicarpo e o endocarpo, tem utilização na farinha, biocombustível e ainda em rações. O endocarpo corresponde a 59% do peso do fruto, ele é utilizado na produção de carvão em várias regiões do Nordeste. A amêndoa constitui 7% do peso do fruto, serve de produção de óleo, permitindo o uso em cosméticos e domésticos. A casca que é 93% do fruto geralmente é desperdiçada no processo da quebra manual.

## 2.2 Fibras

As fibras possuem uma geometria mais ou menos uniforme, com diâmetro minúsculo, com natureza diferenciada, possuindo diferentes propriedades físico-químico. O uso de fibras como matéria prima apresenta vantagens em suas propriedades, tais como resistência a temperatura, densidade, baixo custo, resistência mecânica e disponibilidade no meio ambiente.

As fibras classificam-se em naturais, como origem vegetal, animal ou mineral e as fibras feitas pelo homem, o polímero natural e polímero sintético. As fibras vegetais tem classificação de acordo com sua origem, tais como fibras de sementes, fibras de caule, de folha, frutos e raízes. Essas fibras possuem aspectos vantajosos para o seu uso em virtude de baixo custo e de fácil renovação, altas propriedades específicas, origem natural abundante, baixa densidade, e contribuem para a diminuição do efeito estufa.

Quando essas fibras são adicionadas em algum polímero, os processos podem ser realizados por métodos convencionais em plásticos, como extrusão, injeção, prensagem e calandragem. As fibras podem ser incorporadas em uma matriz como reforço em suas diferentes formas, longa, curta, etc.

O concreto reforçado com fibras naturais é mais vulnerável que outros CRFs em termos de durabilidade. Os vazios altamente alcalinos presentes no concreto parecem deteriorar as fibras. (RIBEIRO e QUINTANILHA, 2016).

A durabilidade pode ter melhora com a alteração em cerca de 50% do cimento por sílica ativa, já que ela reage com a cal, assim reduzindo a alcalinidade dos vazios. A melhora da durabilidade pode ser alcançada através do revestimento da fibra com químicos apropriados como ácido fórmico e ácido esteárico (ACI, 2002 et al, 2016).

As fibras vegetais manifestam variações dimensionais, isso ocorre devido apresentar mudanças no teor de umidade maiores que as presentes nas matrizes do cimento.

A absorção da água por fibras é elevada, sendo destaque principalmente as fibras de coco, quando ela é empregada seca, ela tende a puxar para si a água da hidratação do cimento, assim ocasionando uma deficiência na aderência de fibra-matriz, e dessa forma, o cimento terá uma cura incompleta nesse aspecto.

Dessa maneira, a viabilidade técnica na utilização das fibras vegetais como reforço no concreto analisada pelos estudiosos, esse tipo de material é considerado alternativa para a modificação das fibras artificiais no compósito.

## 2.3 Concreto Reforçado Com Fibras

O concreto que contém fibras é denominado de concreto reforçado com

fibras (CRF), ele pode conter além do cimento, agregados, água e fibras e outros adicionados usados geralmente no concreto convencional.

O concreto simples possui algumas limitações quanto ao seu comportamento frágil. Em virtude disso e devido a constante ação de cargas externas (tração), as diferenças de temperatura, umidade do meio ambiente e principalmente o efeito de retração hidráulica, que geralmente apresenta microfissuras no meio da matriz e os agregados graúdos, o que necessariamente pouca energia ocasiona o aumento destas fissuras.

No interior do concreto, tensões originadas pelos esforços sobre a estrutura, se propagam e de acordo com Figueiredo (2000), quando o concreto simples apresenta uma fissura, a mesma irá representar uma barreira à propagação dessas tensões.

Nesse momento, a tensão que anteriormente cruzava aquele segmento contornará seu percurso para outra região que permita a sua propagação, ou melhor, passam a se concentrar na extremidade da fissura provocando um crescimento incontrolado da mesma, onde, no momento em que esta força mecânica vence a resistência da matriz, ocorrerá o rompimento abrupto do material (BARROS, 2009, p. 48).

De acordo com FIGUEIREDO (2011) uma vantagem do CRF frente ao concreto armado: como a adição da fibra ocorre como as demais matérias-primas, há uma facilitação de aplicação do material, eliminando a necessidade de instalação da armadura convencional.

O principal efeito da adição de fibras misturado no concreto corresponde a diminuição do caráter frágil do material devido aumento da resistência a tração e como consequência o incremento do escoamento antes do colapso do concreto. Dessa maneira, o aumento da possibilidade de deformação implica na maior ductilidade do compósito com fibras se comparado ao concreto convencional, visto que está relacionado à segurança que a ruptura frágil é súbita enquanto a ruptura dúctil é paulatina.

Não existe um método específico para dosagem das fibras, mas no aspecto da resistência e tenacidade do concreto, é convencional ter uma concentração maior de fibras no concreto. FIGUEIREDO (2011) explica que a alteração da trabalhabilidade ocorre principalmente porque, ao adicionar a fibra ao concreto, está sendo adicionando também uma grande área superficial que demanda água de molhagem, de modo que uma menor quantidade de água estará disponível para fluidificar a mistura.

Assim, quanto menor o diâmetro da fibra, a influência da mesa tende a ser maior para a perda da fluidez da mistura, em outro aspecto, as fibras são agentes que combatem a segregação, visto que atuam para impedir a separação do agregado graúdo na mistura, dessa forma mantendo o compósito coeso.

## 2.4 Fibras De Coco Babaçu No Concreto

A resistência à compressão geralmente é determinada aos 3, 7, 21 e 28 dias para todos os tipos de concretos obtidos. Dessa forma, a inclusão de fibras de coco babaçu nesse aspecto não apresentou resistência final quando a compressão. Tal resultado, é similar ao encontrado na literatura técnica, que afirma que a adição de fibras ao concreto não gera grandes aumentos de resistência à compressão, a exemplo dos resultados obtidos por BONATO et al (2011).

Os traços com teores maiores de fibras de coco babaçu tiveram desvantagens pela adição do mesmo, assim estando abaixo da exigência que é de 25 Mpa. Os vazios aprisionados pela inserção desses teores de fibras foram responsáveis pela dificuldade e transferir esforços de maneira homogênea, culminando em rupturas abruptas (RIBEIRO, QUINTANILHA, 2016).

No que tange a resistência à tração do concreto elas são capazes de “amarrar” as fissuras internas e retardar a ruptura, já que as fibras agem como elo de transferência de tensões. Assim, adição de fibras vegetais secas ao concreto está associada à perda de trabalhabilidade proporcional à quantidade de fibras inseridas. Portanto, para baixos teores de adição de fibras de coco babaçu, o CRF supera resistência à tração em comparação com concreto convencional.

## 3 | CONCLUSÃO

O uso de fibra vegetal para o setor da construção civil é de extrema relevância, pelo fato das propriedades mecânica e da durabilidade conduzirem a sua aplicação.

Diante do estudo, a caracterização dos compósitos reforçados com fibra de coco babaçu requer ainda estudos e análises mais aprofundadas, mesmo diante dos resultados apresentados, há possibilidade de aproveitamento dessas fibras na mistura na fabricação de concreto, embora apresente resultados satisfatórios quanto a durabilidade, resistência a compressão e a tração. Assim, deve-se levar em consideração a vida útil de degradação, com ênfase econômica na avaliação das potencialidades, assim podendo proporcionar a substituição de fibras industrializadas por fibras vegetais.

Vale destacar a importância da utilização de fibras de coco babaçu como alternativa socialmente responsável e ecológica, podendo proporcionar uma alteração significativa no custo da construção civil. A aplicação das fibras vegetais na indústria civil pode elencar geração de renda e emprego na confecção e produção de fibras destinadas à fabricação de compósitos, assim ajudando na socialização do indivíduo e na melhoria dos materiais para o setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V; SAVASTANO JUNIOR, H. Fibras vegetais como materiais de construção. In: ISAIA, G. C. (editor) **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. 2v. 1721 p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Design considerations for steel fiber reinforced concrete (ACI 544-4R-88). In: **Manual of concrete practice**. Detroit, Michigan, v.85, 1988.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto. Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto Reforçado com Fibras**. Tese (Livre Docência), 256p. São Paulo/SP, 2011.

FRANCO, F. J. P. **Coco Babaçu em Compósito com Matriz de Epóxi: Estudo do Efeito do Tratamento da Fibra**. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

RIBEIRO, F. H. de M.; **Avaliação das Propriedades Mecânicas de Concretos Reforçados com Fibras do Coco Babaçu**. Belo Horizonte: Ibracon, 2016.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; PIMENTEL, L. L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de Fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.4, p.103-110, 2000.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço 3, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 37, 93

Aerogeradores 1, 3, 4, 6

Amazônia 8, 80

### B

Baja 8, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32

Bauxita 8, 80, 81, 82, 83, 85

### C

Chapas 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19

Coco babaçu 9, 87, 89, 92, 93

Compósitos 8, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 71, 87, 88, 89, 92, 108, 109

Compósitos Poliméricos Híbridos 33

Concreto 9, 3, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Critérios de falha 33, 35

### E

energia 7, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 29, 67, 69, 88, 91

Energia 6, 7, 20, 71

ENERGIA 8, 1

Ensaio 8, 9, 11, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 33, 35, 37, 42, 45, 72, 73, 74, 75, 77, 94, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 109

Ensaio Mecânicos 19, 21, 24

Eólica 8, 1, 2, 3, 4, 5, 7

### F

Ferroelétricos 48, 49, 55, 59

Fibras 8, 9, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Fatura 33, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 45

Furo Central 33, 36, 39, 40, 42, 45

### G

Gaiola 21, 22, 23

## K

katoita 8, 80, 81, 82, 83, 84, 85

## P

Parques 8, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Propriedades 8, 9, 8, 9, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 48, 49, 51, 54, 56, 59, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 99, 102, 108, 110

PVDF 8, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

## R

Rejeitos 8, 80, 81, 82

Resistência 9, 6, 19, 24, 28, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 68, 72, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 109, 110

Resistência Residual 33, 35, 38, 39, 44, 45

## S

SAE 8, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32

Soldagem 21, 23, 26, 28, 29, 31, 32, 113

## V

Ventos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

## Z

ZTA 21, 24, 28, 29, 30

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**