

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof<sup>o</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof<sup>o</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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Amanda Fernandes Pereira da Silva

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
E57	Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0701-0 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.010222911">https://doi.org/10.22533/at.ed.010222911</a>  1. Engenharia. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título.  CDD 620
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

Os mais diversos ramos do conhecimento possuem grandes desafios a serem superados, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. A curiosidade científica é o pilar de motivação que estimula as investigações baseadas no conhecimento existente objetivando a geração de novos materiais, produtos e equipamentos.

Nesse sentido, esta coleção “Engenharias: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2” traz capítulos ligados à teoria e prática em um caráter multidisciplinar, tendo um viés humano e técnico. Apresenta temas relacionados as áreas de engenharias, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

**CAPÍTULO 1 ..... 1**

A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA, COMO FONTE ENERGÉTICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL EM ANGOLA

Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229111>

**CAPÍTULO 2 ..... 9**

ANÁLISE DE UM MATERIAL ALTERNATIVO A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL PARA UTILIZAÇÃO COMO CHAPAS E AGLOMERADOS DE MADEIRA

Jamile Teixeira Manoel

Maicon Ramon Bueno

Flávia Sayuri Arakawa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229112>

**CAPÍTULO 3 ..... 21**

ANÁLISE POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE LUCROS DE UMA TRANSPORTADORA NO PERÍODO PRÉ E PÓS-PANDEMIA COVID-19

Márcio Mendonça

Francisco de Assis Scannavino Junior

Fabio Rodrigo Milanez

Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

Ricardo Breganon

Carlos Alberto Paschoalino

Celso Alves Correa

Kazuyochi Ota Junior

Rodrigo Rodrigues Sumar

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Vera Adriana Azevedo Hypolito

João Maurício Hypolito

Luiz Eduardo Pivovar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229113>

**CAPÍTULO 4 ..... 32**

ANÁLISIS TEÓRICO Y SIMULADO DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE EN BARRAS RECTANGULARES Y EJES REDONDEADOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN

Eliel Eduardo Montijo Valenzuela

Flor Ramírez Torres

Aureliano Cerón Franco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229114>

**CAPÍTULO 5 ..... 43**

EVALUATION OF PROPERTIES OF COMPOSITES MADE OF MINERAL BINDERS, WASTE WOOD PARTICLES AND KRAFT PULP FIBERS FROM *Eucalyptus* spp. AND *Pinus* spp.

Tháisa Mariana Santiago Rocha

Silvana Nisgoski  
 Graciela Inês Bolzón de Muniz  
 Leonardo Fagundes Rosemback Miranda  
 Carlos Frederico Alice Parchen

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229115>

**CAPÍTULO 6 ..... 64**

**BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO À BASE DE DADOS ABERTOS: UMA ANÁLISE SOBRE A PNAD CONTÍNUA**

Leonardo de Jesus Piechontcoski  
 Nilson Ribeiro Modro  
 Luiz Cláudio Dalmolin  
 Nelcimar Ribeiro Modro  
 Glauco Oliveira Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229116>

**CAPÍTULO 7 ..... 88**

**EDGE COMPUTING: AS NOVAS ARQUITETURAS COMPUTACIONAIS E APLICAÇÕES NA ÁREA MÉDICA**

Leonardo de Almeida Cavadas  
 Renato Cerceau  
 Sergio Manuel Serra da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229117>

**CAPÍTULO 8 ..... 108**

**EVALUATION OF THE WETTABILITY OF EPOXY/GRANITE COMPOSITES THROUGH CONTACT ANGLE**

Jorge Luiz Siqueira da Costa Neto  
 Antonio Renato Bigansolli  
 Sinara Borborema  
 Belmira Benedita de Lima-Kühn

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229118>

**CAPÍTULO 9 ..... 115**

**INFLUENCIA DE LA MODALIDAD DE ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL NIVEL DE APROVECHAMIENTO DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES**

Arizbé del Socorro Arana Kantún  
 Noemi Guadalupe Castillo Sosa  
 Cintia Isabel Arceo Fuentes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229119>

**CAPÍTULO 10..... 122**

**MODELAGEM E PROJETO DE CONTROLADORES PARA UM SISTEMA DE LEVITAÇÃO DE UMA ESFERA POR UM FLUXO DE AR**

Heros Carvalho Soares  
 Nathan Phillipe Almeida Mendes

Eduardo Santos de Alemdia  
Cláudio Henrique Gomes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291110>

**CAPÍTULO 11 ..... 135**

NONLINEAR MODEL OF COD AND OBD/COD AT THE CAXIAS DO SUL  
LANDFILL USING NEURAL NETWORKS

Ana M. C. Grisa  
Edson Luiz Francisquetti  
Mara Zeni Andrade  
José A. Muñoz H.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291111>

**CAPÍTULO 12..... 153**

NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA: UM ESTUDO  
COMPARATIVO DA MODALIDADE A DISTÂNCIA E PRESENCIAL

Lílian da Cruz Sousa  
Núbia Moura Ribeiro  
Marcelo Santana Silva  
Jerisnaldo Matos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291112>

**CAPÍTULO 13..... 167**

PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA CÂMARA DE EBULIÇÃO NUCLEADA  
PARA ELEVADAS PRESSÕES

Paulo Ricardo Godois  
Gustavo Alberto Ludwig

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291113>

**CAPÍTULO 14..... 184**

VEÍCULOS ELÉTRICOS: O POTENCIAL BRASILEIRO PERANTE O MUNDO

Márcio Mendonça  
Caio Ferreira Nicolau  
Carlos Alberto Pachcoalino  
Rodrigo Rodrigues Sumar  
Kazuyochi Ota Junior  
Francisco de Assis Scannavino Junior  
Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin  
Marcos Antonio de Matos Laia  
André Luís Shiguemoto  
Ricardo Breganon  
Rodrigo Henriques Lopes da Silva  
Michelle Eliza Casagrande Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291114>

**CAPÍTULO 15.....200**

VIABILIDADE DE UMA FERRAMENTA PARA ORIENTAÇÃO AOS

**RESPONSÁVEIS POR PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Manuelle Osmarin Pinheiro de Almeida

Raquel de Brito

Gabriely Cristina Agostineto

Júlia Eduarda Hentz

Rafael Terras

Jorge Luiz Haack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291115>**CAPÍTULO 16..... 210****USO DOS RESÍDUOS DE PEDRA MORISCA DA CIDADE DE CASTELO DO PIAUÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

Jamie Lívia da Costa Soares Farias

Letícia Queiroz Monteiro

Linardy Moura de Sousa

Laécio Guedes do Nascimento

Amanda Fernandes Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291116>**SOBRE A ORGANIZADORA .....228****ÍNDICE REMISSIVO.....229**

# ANÁLISE DE UM MATERIAL ALTERNATIVO A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL PARA UTILIZAÇÃO COMO CHAPAS E AGLOMERADOS DE MADEIRA

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Jamile Teixeira Manoel**

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil,  
Universidade Cesumar – UNICESUMAR,  
Campus Ponta Grossa/PR, Bolsista PIBIC/  
ICETI-UniCesumar

### **Maicon Ramon Bueno**

Co-Orientador, Mestre, Departamento de  
Engenharias, UNICESUMAR

### **Flávia Sayuri Arakawa**

Orientadora, Doutora, Departamento de  
Engenharias, UNICESUMAR

**RESUMO:** Decorrente das novas tecnologias, a área da construção civil busca inovações em seus sistemas construtivos que haja possibilidade de serem aplicadas nas edificações. Materiais alternativos sustentáveis vem sendo o alvo destes estudos, pretendendo aprimorar as suas propriedades e seu desempenho. O presente estudo teve como objetivo desenvolver um material compósito para fabricação de aglomerados e placas isolante térmicas com aplicabilidade na construção civil. O material constitui-se com uma base de poliestireno expandido (EPS) pós-consumido, reforçado com

celulose de biomassa vegetal de bagaço de cana-de-açúcar (BCA) utilizando agentes compatibilizantes. Os agentes compatibilizantes são aditivos químicos ou poliméricos, que tem como funcionalidade proporcionar resistência a inflamabilidade no material. O BCA é um resíduo obtido do processo produtivo de álcool e açúcar e o EPS habitualmente é conhecido como isopor, sendo utilizado na construção de edificações e utilizado em diversas embalagens, geralmente descartado e com potencialidade de reprocessamento. O material compósito (BCA/EPS), (BCA/Agentes compatibilizantes), constituem-se em uma proporção (v/v) de 30% de BCA e 70% de solução composta do EPS e o agente compatibilizante. A caracterização do material compósito foi realizada por meio de análises térmicas, análise de resistência à compressão, absorção de água e flamabilidade de acordo com a norma ABNT/NBR 11752:2016. Portanto como resultados no ensaio de absorção de água os valores obtidos foram satisfatórios, pois não ultrapassaram 100%, já no ensaio de flamabilidade o material foi comprovado como não retardante à chama.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bagaço de cana de açúcar; Material Compósito; Poliestireno

Expandido.

**ABSTRACT:** Due to new technologies, a civil construction area seeks innovations in its construction systems that can be applied in buildings. Alternative materials, which have been the subject of studies, aiming to improve their properties and performance. The study aimed to develop a composite material for the manufacture of agglomerates and insulating boards with thermal applications with applicability in civil construction. The material consists of a post-consumer expanded polystyrene (EPS) base, reinforced with sugarcane bagasse plant biomass (BCA) cellulose through compatibilizers. Compatibilizing agents are chemical or polymeric additives whose functionality is to provide flammability resistance to any material. The BCA used in civil construction is known as sugar and is used in various packages, usually discarded and used in the construction of reprocessing. The compatibilizing material (BCA/EPS), (BCA/Compatibilizing Agents), is proposed in the proportion (v/v) of 30% BCA and 70% EPS and the compatibilizing agent. The characterization of the material in terms of thermal resistance was carried out through comparison with the thermal resistance, analysis of NT1 flame resistance, water absorption according to the AB/NBR1752:2 standard. Therefore, there was no water absorption test, as the results were not obtained with 1% flame resistance, as the results were not obtained waterproof.

**KEYWORDS:** Composite material; Sugar cane bagasse; Expanded polystyrene.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, cujo processo resulta em um resíduo amplamente desperdiçado de bagaço de cana de açúcar (BCA). O BCA é um resíduo lignocelulósico gerado na cadeia produtiva sucroalcooleiras durante o processo de extração do caldo de cana para a produção de etanol e açúcar (EMBRAPA, 2013).

Estima-se que sobram cerca de 5 a 12 milhões de toneladas de BCA, que corresponde a 30% da cana moída (PEDRESCHI, R., 2009). Grande parte deste resíduo é reaproveitado pelas indústrias na geração de energia elétrica e no aquecimento, porém ainda há o sobressalente. Existem inúmeros estudos visando o seu potencial energético, visto que as características físicas e químicas desse material encontram grande aplicação na indústria química. Além disso, vem sendo utilizado na produção de biomassa microbiana e também, reutilizado para a fabricação de novos materiais para a construção civil (REMAP, 2007).

Outro material que também é descartado de forma indevida é poliestireno expandido, originário da sigla internacional *Expanded Polystyrene* (EPS). No Brasil, este material é comercializado como isopor. O EPS é um homopolímero pertencente ao grupo dos termoplásticos. Considerado um plástico rígido, é decorrente da polimerização do estireno em água, através da reação fotoquímica (VIRTUAL, 2018). O EPS pode ser facilmente reciclado, possui baixo custo, alta resistência a álcalis e ácido, baixa resistência a solvente orgânico e intempéries (KAWA, 2014). No Brasil, o segmento que mais consome é o de embalagens, com 50% da ocupação total, seguido da construção civil com 35%

e utilidades domésticas com 15%. Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Isopor (ABRAPEX) a produção mundial é de 2.95 milhões de toneladas anuais, sendo 3% um material considerado eterno e ocupa muito espaço devido a sua baixa densidade, causando problemas nos aterros sanitários municipais ou industriais (ALVES, 2014)

Sendo assim, como esses resíduos de BCA e EPS são descartados em larga escala e na grande maioria das vezes não são totalmente reaproveitados, os mesmos podem ser utilizados na fabricação de novos materiais, como os materiais compósitos.

Os materiais compósitos são definidos como misturas (ao nível macroscópico) não solúveis de dois ou mais constituintes com distintas composições estruturas e propriedades que se combinam e em que um dos materiais garante a ligação (matriz) e outro a resistência (reforço). O principal objetivo de ser produzir compósito é de combinar diversos materiais com propriedades diferentes em um único material com propriedades superiores às dos componentes isolados. A preparação do compósito de madeira com polímero é uma prática antiga particularmente quanto ao uso de resinas termorrígidas com uréia, fenol ou melania-formaldeído e isocianatos na produção de painéis *Medium-density fiberboard* (MDF) (JESUS, 2014).

Industrialmente, na fabricação de chapas e aglomerados em madeira, utilizam-se adesivos comerciais com resinas sintéticas (fenólicas e uréicas), pois possuem baixa resistência à umidade e propiciam redução do tempo de prensagem, melhor comportamento higroscópico dos painéis (CARNEIRO, 2004). Após a crise do petróleo na década de 1970, o interesse pelos adesivos precedentes de fontes naturais aumentou consideravelmente com o objetivo de substituir, parcialmente ou totalmente, os adesivos comerciais (CARNEIRO et al, 2009).

Nos últimos anos, tem crescido o interesse pelo desenvolvimento de tecnologias ambientalmente corretas. Ademais, os problemas subsequentes da elevada quantidade de resíduos produzidos a partir dos processos industriais e a disposição/destinação são alguns dos impasses há serem averiguados em âmbito tanto social quanto ambiental (JESUS, 2014).

Diante o exposto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um material compósito sustentável, utilizando resíduos de BCA, EPS e aglutinantes ara possível aplicação como chapas e aglomerados na construção civil.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais produzidos foram avaliados conforme a norma ABNT NBR 11752 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016). De acordo com os resultados obtidos, foi realizada a classificação conforme as características descritas na norma (Tabela 1).

PROPRIEDADES	UNIDADE	CLASSE P			CLASSE F		
		I	II	III	I	II	III
Tipo de material	-	I	II	III	I	II	III
Resistência a compressão com 10% de deformação	kPa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Absorção de água	g/cm <sup>3</sup> x 100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Coefficiente de condutividade térmica	W/(m.k)	≤0,042	≤0,039	≤0,037	≤0,042	≤0,039	≤0,037
Flamabilidade	-	Material não-retardante			Material retardante		

Tabela 01 – Características para a classificação do material compósito conforme a ABNT NBR 11752.

Fonte: (ABNT, 2016).

## 2.1 Coleta dos resíduos de BCA e EPS

O bagaço de cana-de-açúcar (BCA) foi coletado em uma empresa do setor sucroalcooleiro localizado no município de Ibaiti – PR, Destilaria de Álcool Ibaiti Ltda. O poliestireno expandido (EPS) foi coletado a partir do descarte de caixas de produtos eletrodomésticos.

## 2.2 Preparação dos materiais compósitos

### 2.2.1 Preparação dos compósitos com Acetato de etila

Inicialmente, o resíduo de BCA foi triturado para obter um material mais granulado e homogêneo. Foram preparadas 10 amostras do material compósito em moldes de inox com dimensões de 9 cm; 8,6 cm; 7,7cm de diâmetro e 1 cm de espessura. A composição do material compósito, constitui-se em uma proporção (v/v) de 30% de BCA e 70% de solução composta do EPS e o ligante acetato de etila. Para o preparo da solução de EPS e acetato de etila foi solubilizado 130 g de EPS em 300 ml de acetato de etila. Para cada amostra, foi misturado 3,5 g de BCA, correspondente da solução e do BCA à 1,43 g/cm<sup>3</sup> e 0,303 g/cm<sup>3</sup>. As amostras foram moldadas e deixadas em repouso por aproximadamente 7 dias em temperatura ambiente para a sua secagem natural. Após esse período, os compósitos foram retirados dos moldes e lixados para melhor acabamento.

## 2.3 Avaliação dos materiais compósitos

Os ensaios foram realizados de acordo a norma ABNT NBR 11752/2016 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016) conforme as normativas específicas para análise de resistência à compressão, absorção da água, condutividade térmica e flamabilidade.

*Análise de resistência à compressão:* o ensaio com a norma ABNT NBR-8082/2016 (ABNT, 2016), como resistência a compressão a 10% de deformação. Logo, as amostras serão comprimidas em uma prensa à 0,2 cm/min durante 60 segundos para atingir a

deformação de 10% da espessura total. Na análise para a resistência à compressão foi utilizada a Equação 1:

$$Rc = \frac{F_{max}}{A} \text{ Eq. (1)}$$

Onde:

- $F_{m\acute{a}x}$  = força a 10% de deslocamento (N);
- $A$  = Área da base do corpo de prova ( $m^2$ );
- $Rc$  = resistência à compressão a 10% de deformação (Mpa);

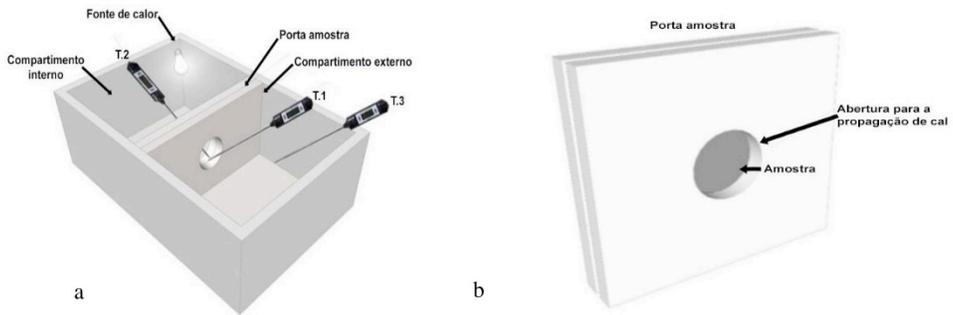
*Análise de absorção de água:* o ensaio foi realizado seguindo a norma da ABNT NBR 7973 (ABNT, 2007). Inicialmente, serão verificada a massa das amostras secas, e posteriormente, serão imersas em um recipiente com um volume de água de aproximadamente 600 ml por um período de 24 h. Após esse período, as amostras saturadas de água serão pesadas e secas em estufa a temperatura de 100°C por um período de 3 horas. Após a secagem, serão verificada a massa final e porcentagem de absorção de água. A Equação 2, foi utilizada para o cálculo da porcentagem de absorção de água.

$$Abs = \left( \frac{Ms - Md}{Md} \right) \cdot 100 \text{ Eq. (2)}$$

Sendo:

- $Abs(\%)$  = Porcentagem de absorção de água;
- $Ms$  = Massa saturada (g);
- $Md$  = Massa após a secagem (g).

*Análise térmica:* para análise da condutividade térmica do material compósito serão utilizado o Método da Placa quente protegida - Projeto de Norma 02:135.07-001/4 (SIMIONI, 2005). Serão utilizados termômetros para registrar as temperaturas em três diferentes pontos do calorímetro (T.1; T.2; T.3) como mostrado na Figura 2<sup>a</sup>. Logo, T.1, T.2 e T.3 é onde os termômetros encontram-se posicionados. A temperatura foi registrada no início de cada ensaio em intervalos de 10 minutos em 10 minutos totalizando 120 minutos. O calorímetro possui uma divisão entre as duas câmaras e um furo central com o diâmetro do corpo de prova (Figura 1a). De acordo com o gradiente de temperatura em pontos específicos da câmara e a taxa de calor fornecido pela lâmpada, será analisado o coeficiente de condutividade térmica do material produzido.



Fonte: SOUZA (2017).

Logo, para a realização da construção do calorímetro, fez-se necessária a utilização de alguns materiais, sendo eles:

- Termômetro (TP101);
- Lâmpada (Empalux – 100W);
- Caixa de Isopor – sistema de calorímetro;
- Corpo de prova (7,7cm de diâmetro e 1 cm de espessura).

De acordo com Projeto de Norma 02:135.07-001/4 (SIMIONI, 2005), foram posicionados os termômetros (T.1, T.2 e T.3) em pontos estratégicos na caixa a fim da obtenção de um melhor resultado de temperatura e como o material se comporta durante o processo (Figura 02 e 03):

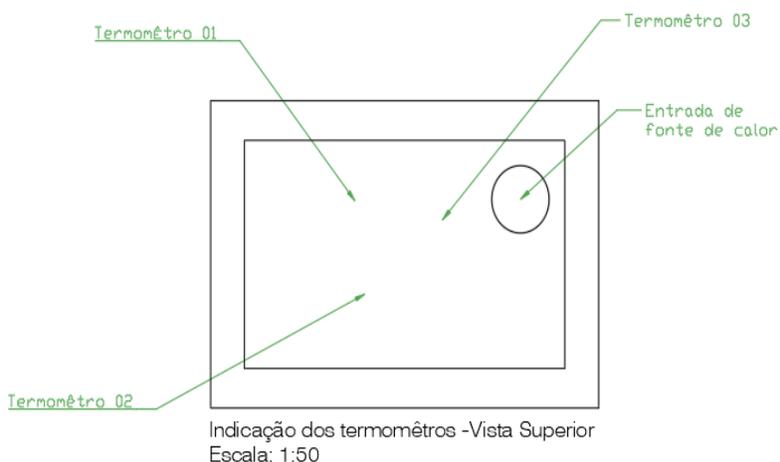
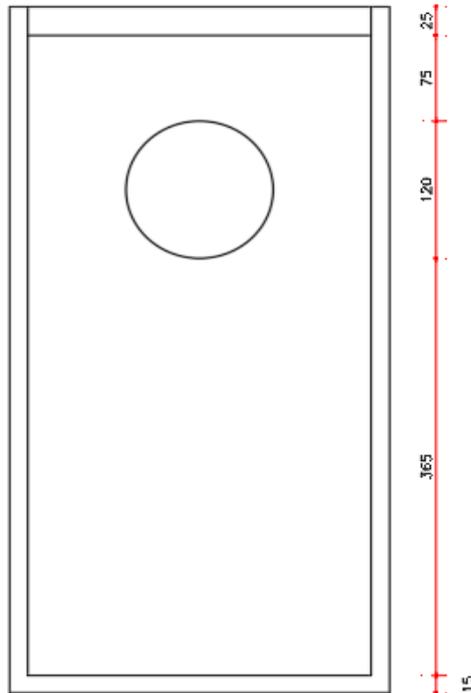


Figura 02 – Calorímetro com os termômetros posicionados e a fonte de calor (lâmpada).

Fonte: Autores: 2022.



Corte A  
Escala: 1:50

Figura 03 – Suporte para posicionar o corpo de prova.

Fonte: Autores: 2022.

Para definir o coeficiente de condutividade térmica  $k$  ( $W/m^2K$ ) foi utilizado a Equação 03, para a análise da condução de calor dada pela Lei Fourier:

$$q = -k \cdot A \cdot \left(\frac{dT}{dx}\right) \text{ Eq. 03}$$

Onde:

- $k$  = Condutividade térmica do material ( $W/s$ );
- $A$  = Área normal à direção de fluxo na transferência de calor e massa ( $m^2$ );
- $q$  = Taxa de transferência de calor na condução de calor ( $cal$ );
- $dt$  = gradiente de temperatura ( $W.m^{-1}. K^{-1}$ );
- $dx$  = espessura o material ( $m$ ).

*Flamabilidade:* o teste foi realizado conforme a norma UL94V (Underwriters Laboratories, 2019). As amostras foram suspensas verticalmente em uma fonte de calor (Bico de Bunsen) a uma altura de 2 cm por 10 segundos. Após esse tempo, se a combustão se auto extinguir até 30 segundos, sem consumir mais de 12 cm do material, ele será

considerado um material retardante a chama, caso contrário, é considerado um material não retardante a chama.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados os ensaios sugeridos na ABNT NBR 11752 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016)

#### 3.1 Análise de absorção de água

Os resultados da análise de absorção de água estão mostrados na Tabela 2. Analisou-se em duplicata (Amostra 1 e Amostra 2) as massas dos materiais compósitos antes e após a imersão em água e massa após a secagem em estufa. Os resultados obtidos neste ensaio foram satisfatórios, pois nele pode-se ver que a porcentagem de absorção do material compósito é baixa. -

	RECIPIENTE COM ÁGUA		ESTUFA PARA SECAGEM		PORCENTAGEM DE ABSORÇÃO
	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	
AMOSTRA 1	26,98	26,57	26,57	25,91	4,13%
AMOSTRA 2	24,32	23,95	23,95	23,46	3,67%

Tabela 02 – Resultado do ensaio de absorção de água.

Fonte: Autores, 2022.

Na Figura 03 (a) é possível observar os corpos de prova antes da imersão em água e na Figura 03 (b) durante a imersão em água:



Figura 03 – (a) antes da imersão (b) durante o material imerso

Fonte: Autores, 2022

De acordo com as especificações da ABNT NBR 7973 (ABNT, 2007), pode-se constatar que o material compósito não absorveu muita água em relação ao seu tamanho de 7,7cm de diâmetro e 1cm de espessura. Em relação ao inchamento em espessura, antes da imersão em um recipiente com água a espessura dos corpos de prova eram de 1cm, após as 24 horas de imersão o material dilatou 0,4 cm, totalizando 1,4cm. Após a secagem em estufa houve uma pequena diferença na massa de 25,91g, sendo que a inicial era de 26,98g. Logo, pode-se observar que com os valores obtidos nos ensaios se enquadram dentro da ABNT NBR 11752 (ABNT, 2016), pois nela sugere que a absorção de água deve ser menor que 100% ou 1g/cm<sup>3</sup>. Por conseguinte, os resultados obtidos neste ensaio foram de 4,13% (Amostra 01) e 3,67% (Amostra 02). Logo, as porcentagens encontradas são próximas, pois a quantidade da mistura colocada em cada molde para confecção do material foi parecidas, por isso os valores aproximados.

### 3.2 Coeficiente de condutividade térmica

É a análise de diferentes temperaturas no intervalo de 10 à 10 minutos, totalizando 120 minutos. Na tabela 04 é possível observar as temperaturas obtidas dentro do intervalo de tempo citado. Logo, com a Equação 03 é possível definir o coeficiente de condutividade térmica.

INTERVALO DE TEMPO( min)	TEMPERATURAS (°C)		
	T1	T2	T3
0	27	32,1	26,7
10	45	73,1	45,3
20	52,9	82	52,5
30	56,6	86,1	55,2
40	59,1	88,9	56,9
50	60,9	89,9	58,9
60	60,9	90,6	59,9
70	61,4	90,7	59,9
80	61,3	90,6	59,9
90	61,6	92	59,9
100	60,1	91,9	60,2
110	60,1	91,9	62,2
120	62,2	92,1	59,8

Tabela 04 – Temperaturas obtidas.

Fonte: Autores, 2022.

Desta forma, T.1, T.2 e T.3 são os pontos nos quais o termômetro estava localizado no calorímetro, a fim de obter as temperaturas ambiente, material, mais afastada do corpo de prova.

### 3.3 Flamabilidade

O corpo de prova foi submetido ao ensaio de Flamabilidade como descrito na norma UL94V (Underwriters Laboratories, 2019). Após o início da combustão do material compósito não se auto extinguiu, pelo contrário a chama no material só aumentou, devido a sua composição e por ser inflamável. Na Figura 03, pode-se observar a combustão só cessou após a combustão total do material.



Figura 03 – Corpo de prova durante a realização do ensaio.

Fonte: Autores, 2022.

O material compósito havia sido retirado com apenas 10 segundos suspenso verticalmente em bico de Bunsen em cima de uma chama de 2 cm aproximadamente. A combustão do material foi muito rápida, durou em torno de 30/40 segundos e precisou ser cessada. Desta forma, o material compósito é classificado com um material não retardante à chama.

### 3.4 Resistência compressão

O ensaio de resistência à compressão dos materiais compósitos não foi possível ser realizado devido a problemas de calibração e manutenção do equipamento (Multiprensa). Observou-se que em algumas análises realizadas os resultados apresentados não eram confiáveis, portanto, não sendo possível concluir esta análise.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Presento, trabalho apresentado teve como objetivo, fazer a confecção de um material alternativo com EPS e reforçado com celulose de biomassa vegetal de BCA atendeu parcialmente as especificações da ABNT NBR 11752/2016. Já ensaio de absorção de água, os valores alcançados foram satisfatórios, pois a absorção foi inferior ao que a norma solicitava, no caso inferior a 100%. Já no ensaio de Flamabilidade, pode-se constatar que o corpo de prova não é retardante a chama. Sendo assim, o propósito deste relatório foi alcançado, o material compósito pode ser classificado na Classe P-I. Desta forma, o material alternativo sustentável tem potencial para ser utilizado na fabricação de chapas e aglomerados na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ALVES, C. A. et al. **Reaproveitamento do poliestireno expandido: Comprovação da sustentabilidade do emprego de resíduos de EPS**. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/416-004.pdf>>. Acessado em: 21 de março de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 11752:2016: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificações**. Rio de Janeiro, p. 1-5. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 7973:2007: Poliestireno expandido para isolação térmica – Determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro, p. 1-5. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 8082:2016: Espuma rígida de poliuretano para fins de isolação térmica – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, p. 1-5. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto: 02:135.07-001/4: Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida – Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, p. 4-7. 2003.

CARNEIRO, A. C. O. et al. **Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell**. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622004000500011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000500011)>. Acessado em: 6 de fevereiro de 2021.

CARNEIRO, A. C. O. et al. **Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*anadenanthera peregrina*) e uréia-formaldeído**. Visçosa: Universidade Federal de Visçosa, 2009.

JESUS, L. C. C. **Obtenção e Caracterização de Compósito de Poliestireno Expandido Pós-consumo Reforçados com Celulose de Bagaço de Cana-de-açúcar**. Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

JESUS, L. C. C. et al. **Propriedades mecânicas de compósitos de poliestireno reforçado com celulose de bagaço de cana**. Brasília: Revista Interdisciplinar de pesquisa em engenharia, 2014.

KAWA, L. **Meio Ambiente: Poliestireno – (Isopor)**. Disponível em: <<http://professoralucianekawa.blogspot.com/2013/12/poliestireno-isopor.html>>. Acessado em: 31 de outubro de 2019.

PEDRESCHI, R. **Aproveitamento do bagaço de cana na indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados**. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2009.

REMAP. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Disponível em <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/28/64>>. Acessado em: 29 de novembro de 2020.

SANTOS, W. R. G. et al. **Absorção de água em materiais compósitos usando o modelo de langmuir: uma nova formulação matemática**. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/28121>>. Acessado em: 02 de agosto de 2021.

VIRTUAL, P. **O que é EPS?**. Disponível em <<https://plasticovirtual.com.br/o-que-e-eps/>>. Acessado em: 23 de novembro de 2019.

**A**

Anaerobic digestión 135  
Análise de dados 25, 64, 71, 90, 161, 210  
Análise e previsão e análise de lucros 22  
Aplicaciones móviles 115, 119

**B**

Bagaço de cana de açúcar 9, 10  
Biodegradability indexes 135, 138  
Biodigestor 2, 4, 5, 7  
Biomassa 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 187, 188  
Business Intelligence 64, 65, 66, 70, 75, 84, 85, 87

**C**

Câmara de ebulição nucleada 167, 168, 169, 172, 179, 180  
Carro elétrico 185, 190, 199  
Carro híbrido 185, 187, 193  
Cellulose 10, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 60  
Composite 10, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 108, 109, 110, 111, 112, 113  
Contact angle 108, 109, 110, 112  
Controle digital 122, 123  
Crimes ambientais 200, 201, 202, 209  
Curva de ebulição 167, 168, 170

**D**

Dados abertos 64, 66, 69, 72, 75, 84, 85, 86, 87  
Desenvolvimento 1, 2, 3, 7, 8, 11, 23, 25, 26, 62, 66, 67, 69, 76, 85, 91, 92, 105, 106, 149, 153, 154, 155, 156, 158, 161, 162, 164, 186, 187, 198, 199, 200, 201, 209  
Diretrizes curriculares nacionais 153, 154, 155, 156, 157

**E**

Ebulição nucleada 167, 168, 169, 170, 171, 172, 179, 180, 181, 182, 183  
Edge computing 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107  
Educación básica 115, 116, 117, 120

Eletrificação 185, 186, 187, 189, 190, 191, 193, 196, 197  
Energia 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 24, 100, 103, 126, 173, 186, 187, 188, 189, 191, 197,  
198  
Epoxy/granite 108  
Escuelas de tiempo completo (ETC) 115, 119  
Escuelas de tiempo regular 115, 117, 119  
Esfuerzo máximo permisible 32, 33, 37, 38  
Espaço de estados 122, 123

## F

Factor teórico de concentración de esfuerzos 32  
FEA (análisis de elemento finito) 32  
Formação de bibliotecário 154  
FTIR 108, 109, 110, 111

## G

Gypsum 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

## H

Histórico de dados reais 22

## I

Inovações em bibliotecas 154

## L

Landfill 44, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 148, 149, 150, 151, 152  
Legislação 149, 201, 202, 205, 206, 208, 209  
Lucros na pandemia covid-19 22

## M

Material compósito 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19

## N

Neural network 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151  
Non-linear model 135

## O

Observador 122, 123, 131, 132

## P

PI Ziegler-Nichols 122

Pnad Continua 64, 65

Poliestireno expandido 9, 10, 11, 12, 16, 19

Portland cement 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58

Pressão 25, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183

## R

Renovável 2, 7, 8

Rural 1, 2, 3, 4, 5, 7, 88, 108, 214, 226

## S

Séries temporais 22, 23, 24, 25, 28, 30

Solidworks simulation 32, 38, 40, 41

## T

Tecnologias 9, 11, 90, 91, 105, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 185, 186, 187, 188, 189, 196, 197

## V

Vasos de pressão 167, 168, 169, 173, 176, 177, 179, 180, 182, 183

## W

Waste wood 43, 44

Wettability 108, 109, 111, 112, 113

# ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



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

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



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

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022