

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

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

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

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

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

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Boa leitura a todos.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

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

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

CAPÍTULO 2..... 18

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

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

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

CAPÍTULO 3..... 30

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

Jamil Martins Guimarães Júnior

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

CAPÍTULO 4..... 38

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Juan José Arenas Romero
Jesús García Lira
Martín Castillo Sánchez

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

CAPÍTULO 5..... 45

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

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

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

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

CAPÍTULO 12..... 149

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

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

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

CAPÍTULO 13..... 159

ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA

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

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

CAPÍTULO 14..... 170

ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

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

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

CAPÍTULO 15..... 180

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

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

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

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

CAPÍTULO 16..... 194

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

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

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

CAPÍTULO 17..... 205

USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA

Késsia de Almeida Silva

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

SOBRE O ORGANIZADOR..... 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 06/07/2021

Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros

Universidade de São Caetano do Sul, curso de pós graduação em engenharia civil – sistemas construtivos.
São Paulo – SP

RESUMO: Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre os benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo. Tendo-se em vista a necessidade de controlar a quantidade de resíduos que a construção civil gera, o presente estudo torna-se necessário na busca de uma opção para mitigação de tal problema. Buscou-se discutir as aplicações desse elemento como uma alternativa para integrar o sistema construtivo das edificações, concluindo-se que há diversas vantagens da utilização desse material.

PALAVRAS - CHAVE: Tubos de Papelão, Construção sustentável, Papelão na Arquitetura.

BENEFITS OF USING CARDBOARD TUBES STRUCTURES AS A CONSTRUCTIVE SYSTEM

ABSTRACT: This article shows the results of a bibliographic research about the benefits of using cardboard tubes structures as a building system. Due to the need to control the amount of waste generated by the construction sector, this current study becomes a necessity in the search of an

option to mitigate this issue. It has been sought to discuss the applications of this element as an alternative to integrate building systems, leading to the conclusion that there are several advantages of this material usage.

KEYWORDS: Cardboard Tubes, Sustainable Construction, Cardboard in Architecture.

1 | INTRODUÇÃO

Tendo em vista a necessidade de controlar a quantidade de resíduos que a construção civil gera, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a fim de verificar se havia benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo.

O objetivo geral do estudo foi discutir as aplicações desse elemento como um material alternativo para integrar o sistema construtivo das edificações. Para que este objetivo fosse alcançado, foi necessário analisar quando e onde os tubos de papelão estrutural podem ser utilizados; identificar vantagens, desvantagens e os impactos da utilização desse elemento e sintetizar parâmetros para direcionar projetos que pretendem utilizar esse material como sistema construtivo.

2 | APLICAÇÕES DOS TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL

De acordo com Ayan (2009), as culturas egípcia e japonesa foram as primeiras a utilizar o papel como material construtivo. Até o segundo

século antes de Cristo (a.C.), os egípcios haviam desenvolvido o papiro, e por volta do século IX a.C., os japoneses o utilizavam como elemento para portas de correr e paredes deslizantes.

Esse mesmo autor afirma que, no século XIX, na França, o papel começou a ser utilizado na produção de móveis e, posteriormente, no revestimento das paredes, servindo como elemento decorativo. Em 1856, o papel ondulado – papelão - foi utilizado por empresários britânicos na produção de chapéus, servindo como estrutura para o objeto. Os mesmos empresários obtiveram mais tarde, a patente para a utilização do papelão como embalagens de artigos frágeis. As novas utilizações levaram à criação da primeira máquina de ondulação contínua, em 1895.

Ele afirma ainda que, durante a primeira Guerra Mundial, o papel estava sendo utilizado na elaboração dos componentes de aviões e tanques. Por meio de uma combinação de folhas de celulose com amido ou outro adesivo similar, o papel era moldado e servia como um substituto das chapas de alumínio das asas de aviões. Neste momento, foi descoberto um dos problemas do papel com relação a questões de expansão e encolhimento. Quando comparado às chapas de alumínio, o papel demonstrava maior tendência para expandir e encolher, principalmente quando exposto à umidade.

Ainda de acordo com Ayan (2009), em 1920, nos Estados Unidos, o papel começou a ser usado como isolante elétrico. Os laminados de celulose foram introduzidos na indústria, e começaram a aplicar resinas no papel para criar proteção contra a umidade e outros agentes químicos. Após o desenvolvimento das resinas, o papel como elemento construtivo se difundiu.

A fabricação é simples, explica McQuaid, começa com a polpa saturada em água, logo se corta em tiras e se coloca para saturar com cola. Em seguida são passadas em um espiral em uma barra metálica que quando retirado, no final, cria um espaço interno oco. Pode ser fabricado em diferentes diâmetros, espessuras e comprimentos, dependendo do uso. Reciclados, criam um ciclo sem fim de reuso. (CAMPOS, 2008, p. 1).

Na área da arquitetura, conforme Salado; Sichieri (2006), a maior contribuição veio do arquiteto japonês Shigeru Ban. O mesmo começou a utilizar tubos de papelão em suas obras em 1986 para a mostra de Alvar Aalto, em Tóquio. No início, utilizava-os com tratamento contra o fogo e a água, e formava apenas divisórias internas.



Figura 1 – Mostra de Alvar Aalto
(WALTERS, 2018, *online*)

Esses autores afirmam que, o arquiteto utilizou esse sistema como painéis de vedação externos, em conjunto com a estrutura metálica do salão construído para comemorar o aniversário da cidade de Odawara, em 1990, no Japão. Essa foi a primeira construção temporária feita com tubos de papelão. Foram utilizados 330 tubos com diâmetro de 55 centímetros e 12 tubos com diâmetro de 120 centímetros na vedação externa.

Ainda segundo Salado; Sichieri (2006), em 1989, o arquiteto Shigeru Ban iniciou a construção de um caramanchão composto por tubos de papelão autoportantes. Foi a primeira construção arquitetônica em que esse material passou a ter função estrutural. Para isso, o arquiteto realizou ensaios em laboratório, a fim de determinar as características do material. Identificou que os tubos de papelão resistem a 10 Mega Pascal (MPa), quando submetidos à compressão e a 15 MPa, à flexão. À medida que a complexidade estrutural dos projetos mudava, novos testes eram elaborados para garantir a integridade da construção específica.

Após seis meses que o caramanchão havia sido construído, a estrutura foi desmontada para testes. Apesar de ter ficado totalmente exposta a intempéries, sua resistência aumentou por conta do endurecimento da cola utilizada no seu processo de fabricação. Depois do sucesso desse protótipo, o arquiteto obteve aprovação oficial das autoridades competentes do Japão para construir sua casa, em 1995, utilizando o mesmo sistema estrutural. A construção é permanente e foi envolta em paredes de vidro para garantir a resistência contra às ações das chuvas e da neve.



Figura 2 – Casa do arquiteto Shigeru Ban
(GALILEU, 2018, *online*)

De acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), utilizando a mesma tecnologia, o referido arquiteto construiu abrigos emergenciais em alguns países, após desastres naturais, como o Japão, Turquia, China, África e Índia.

Uma escola temporária também foi construída após um terremoto que ocorreu na cidade de Ya'na, Sichuan, na China, em abril de 2013. A cidade foi danificada e a edificação que servia como escola ficou inabitável. Então, o arquiteto projetou uma escola temporária, com capacidade para atender às crianças daquela região. As dimensões da base são de 6 por 21 metros, com estrutura composta por tubos de papelão, vínculos de madeira, cantoneiras metálicas e cabos de aço.

O formato tubular do papelão tornou possível criar um vão livre no interior do edifício, sem pilares. A construção foi realizada com a ajuda de voluntários, da população local e de estudantes do curso de arte e *design* de Kyoto, liderados pelo arquiteto Shigeru Ban.



Figura 3 – Escola temporária na China
(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018a, *online*)

De acordo com Ban (2018), na exposição Hannover de 2000 na Alemanha, o mesmo foi convidado a projetar um pavilhão de papel reciclável, pois o tema da exposição estava relacionado a questões ambientais. O projeto foi desenvolvido em parceria com o arquiteto Frei Otto.

Segundo Salado (2006), foi uma das estruturas mais complexas construída com tubos de papelão. Os tubos de papelão foram entrelaçados com função estrutural, e os materiais especificados precisavam atender ao tema da feira de desenvolvimento sustentável. Era necessário que a construção pudesse ser o máximo possível reciclada e ou reutilizada. Para a cobertura foi desenvolvida uma membrana sem PVC a fim de não liberar dióxidos quando queimada.

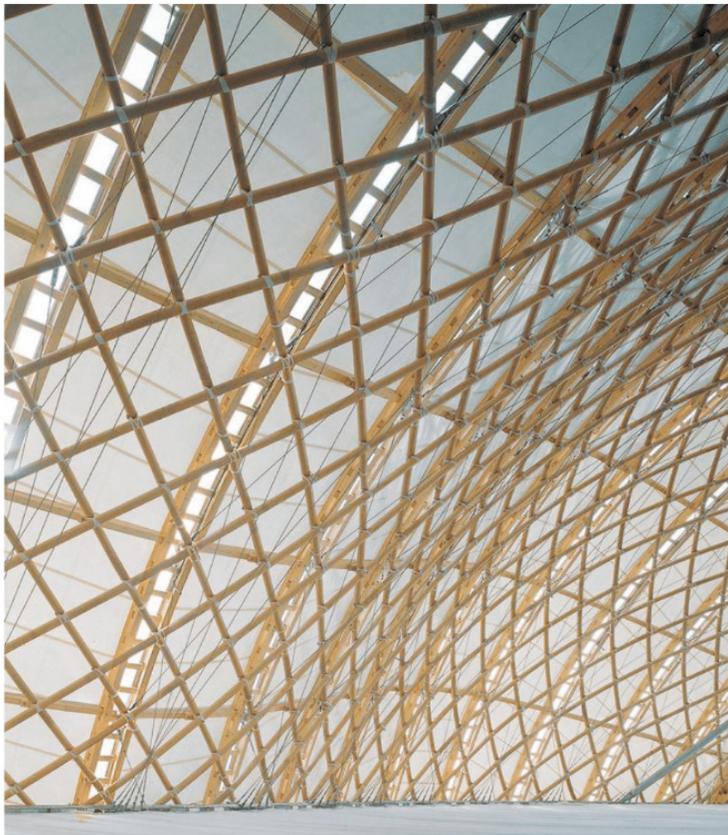


Figura 4 – Pavilhão do Japão na exposição Hannover – Alemanha, 2000
(MILAZZO, 2018, *online*)

3 | VANTAGENS, DESVANTAGENS E IMPACTOS NA UTILIZAÇÃO DO PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

De acordo com Edwards (2005), a construção civil, em geral contribui com a destruição das reservas florestais devido à necessidade de seu abastecimento. É responsável pelo consumo de 60% de recursos naturais, 50% da energia, 50% da água, e 80% do solo cultivável, todos em contextos mundiais, tornando-se uma atividade bastante antagônica ao desenvolvimento sustentável.

Segundo Barros (2015), o ciclo de vida do papelão condiz com metabolismo circular proposto por Richard Rogers para as cidades, rumo ao desenvolvimento sustentável. Isso porque, apesar de todos os processos gerarem resíduos, no caso do papelão, os mesmos podem ser reutilizados ou reciclados, o que reduz a necessidade de consumo de novos recursos naturais e a quantidade de resíduos.

Segundo Ban (2018), por se tratar de um material pré-fabricado, o papelão pode ser facilmente impermeabilizado, e também é possível torná-lo à prova de fogo. Além disso, quando a edificação é demolida, seus resíduos podem ser reciclados. Ou, ao invés de demolir, é possível desmontar a edificação para remontar onde necessário.

Silva et al (2017) analisaram o protótipo construído pela engenheira Gerusa Salado, em 2011. Esse protótipo é constituído de painéis verticais de vedação de tubos de papelão com 2,4 metros de altura, vínculos de madeira compensada e fundação do tipo radier superficial com dimensões de 3,5 por 3,5 metros e 15 centímetros de altura. A cobertura foi feita com estrutura de madeira e telhas de fibras vegetais recicladas. A fixação das peças foi realizada por meio de barras roscadas de 8 milímetros, a fim de proporcionar resistência às cargas horizontais.

Baseados em Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), concluíram que o protótipo apresentou condições satisfatórias para vedações com ou sem função estrutural, e não satisfatório, com relação à estanqueidade e permeabilidade, quando exposto a intempéries, sendo necessário empregar novas soluções de impermeabilização no conjunto. Duas pessoas levaram 17,8 horas para realizar a montagem do protótipo.



Figura 5 – Protótipo de tubos de papelão
(CASA FEITA..., 2018, *online*)

Esta construção experimental está exposta há 70 dias e, diante das tempestades que aconteceram recentemente aqui no interior de São Paulo, podemos afirmar que ela se mostrou bastante eficaz. No entanto, diante dos desastres que aconteceram no Rio, essa estrutura não oferece ainda a garantia de resistência, uma vez que nem o concreto armado ofereceu. [...] Em relação ao fogo, ela [Gerusa Salado] alerta que o material ainda precisa ser avaliado em relação ao tempo que o papelão pode levar para ser incinerado e se o fogo pode se extinguir sozinho. Os testes são realizados em laboratório e seguem normas técnicas nacionais e/ou internacionais.- Sabemos que todos os materiais de construção são passíveis ao fogo, mas neste caso, precisamos averiguar se o tempo de propagação de um incêndio acidental possibilita que os usuários desocupem a edificação - diz Gerusa. (CASA FEITA..., 2018, *online*).

Conforme Buck, 1997 apud Campos (2018), os estudos das obras realizadas por Shigeru Ban permitiram que fosse detectada boa capacidade de isolamento térmico e acústico.

4 | PARÂMETROS PARA DIRECIONAMENTO DE PROJETOS COM TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL

De acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), em Daanbantayan, Cebu, Filipinas, depois da devastação do tufão Haiyan em novembro de 2013, alguns abrigos temporários foram construídos. Neste projeto, o papelão foi incorporado, a fim de facilitar o processo de montagem. Por ser simples, a execução pôde ser feita pelos próprios moradores do local e estudantes da Universidade de San Carlos de Cebu. O processo facilitado também

impactou num período de construção mais curto. As fundações foram compostas por caixas de cerveja cheias de sacos de areia e os painéis de piso feitos com madeira de coco e madeira compensada. Nas vedações, foram utilizadas folhas de bambu tecidas e a estrutura era de tubos de papelão. O telhado foi feito com folhas de palmeiras sobre uma lona de plástico.



Figuras 6 e 7 – Abrigo temporário nas Filipinas e processo construtivo
(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018b, *online*)

AD EDITORIAL TEAM (2014), em Kobe, no Japão, relata que foi construída uma igreja temporária de papelão por voluntários, cujo templo foi destruído por um terremoto em 1995. Os materiais foram doados por empresas locais e a construção foi concluída em apenas cinco semanas, com o auxílio de 160 voluntários. A base possui dimensões de 10 por 15 metros, vedação autoportante de tubos de papelão e chapas de policarbonato. Dentro dessa área, foram utilizados 58 tubos de papelão com 25 milímetros de diâmetro, 148 milímetros de espessura e 5 metros de altura, colocados em um formato elíptico. A construção foi desmontada em junho de 2005 e todos os materiais foram enviados para uma cidade em Taiwan, onde a igreja foi remontada e passou a ser uma construção permanente.



Figura 8 – Igreja de papel no Japão
(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018c, *online*)

Segundo esse mesmo autor, em Bhuj, na Índia, foi utilizado o entulho de edifícios destruídos para a fundação de abrigos, ao invés de caixas de cerveja, pois estas não puderam ser encontradas nessa região. A fundação foi revestida com camadas de barro. Para a estrutura do telhado, foram utilizadas vigas de bambu. Uma esteira de cana foi tecida e colocada sobre a estrutura do telhado, seguida por uma lona de plástico transparente para proteger contra a chuva, e em seguida, outra esteira de cana. A ventilação foi fornecida através dos pequenos buracos nas esteiras verticais. Essa ventilação também permitiu cozinhar no interior do abrigo, com o benefício adicional de repelir mosquitos com a fumaça.



Figura 9 – Casa de papel na Índia
(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018d, *online*)

Ainda de acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), em Kobe, no Japão, também foram construídas casas de papelão com a fundação de caixas de cerveja preenchidas

com sacos de areia. A vedação é constituída por tubos de papelão com 4 milímetros de espessura e 106 milímetros de diâmetro. A cobertura foi instalada com tecidos. O custo estimado dos materiais para uma unidade de 52 metros quadrados está abaixo de U\$ 2.000, com unidades desmontáveis e recicláveis.



Figura 10 – Casa de papel no Japão
(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018e, *online*)

5 | CONCLUSÕES

Há diversos benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo, pois o papelão é fácil de ser encontrado, seu processo de reciclagem é muito simples e não gera resíduos tóxicos. Isto garante a sustentabilidade da construção em todas as etapas do ciclo.

Ele apresenta condições estruturais para construções íntegras, sendo essas permanentes ou temporárias. Como o processo de instalação se dá através de encaixes e vínculos, torna-se fácil a desmontagem e remontagem, se houver necessidade de remanejamento. Além disto, por permitir uma instalação simples e rápida, não é necessário que a mão de obra seja especializada.

É um material leve e, portanto, não exige fundações muito robustas, diminuindo o tempo da construção e, conseqüentemente, seu custo, o que também facilita seu transporte e armazenamento. O formato tubular oferece a possibilidade de embutir os sistemas de hidráulica e elétrica, além de otimizar a resistência térmica e acústica, em função da parede de ar dentro do tubo. E, por questões de segurança, como se trata de um pré-fabricado, é possível torná-lo impermeável e ignífugo.

São sugeridos novos estudos nessa área pois, apesar do grande potencial que o material apresenta, no Brasil ainda não há normas específicas que o regulamentem para a construção civil.

REFERÊNCIAS

AD EDITORIAL TEAM. The humanitarian works of Shigeru Ban. **ArchDaily**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com/489255/the-humanitarian-works-of-shigeru-ban?ad_medium=gallery>. Acesso em: 17 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Desempenho de edificações habitacionais. [Rio de Janeiro], 2013.

AYAN, Özlem. **Cardboard in architectural technology and structural engineering**: a conceptual approach to cardboard buildings in architecture. 2009. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Programa de Doutorado em Ciências, ETH Zurich.

BAN, Shigeru. Abrigos de emergência feitos de papel. 2013. Filme. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/shigeru_ban_emergency_shelters_made_from_paper?language=pt-br>. Acesso em: 1 dez. 2018.

BARROS, Gabriela Santos Pereira Lopes de. **Aplicações de papelão como sistema construtivo em áreas de vulnerabilidade na cidade de São Paulo**. 2015. Dissertação (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo.

CAMPOS, Bruna Caroline Pinto. **Shigeru Ban e sua contribuição para a arquitetura efêmera**. 2009. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.115/5>>. Acesso em: 6 out. 2018.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2005.

CASA FEITA..., 2018, **O Globo**, [Rio de Janeiro]. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/casa-feita-com-tubos-de-papelao-em-fase-de-estudos-pode-ser-alternativa-na-construcao-civil-2837203>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GALILEU. Arquiteto que constrói casas de papelão para desabrigados ganha prêmio Pritzker. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/Inovacao/noticia/2014/03/arquiteto-que-construi-casas-de-papelao-para-desabrigados-ganha-premio-pritzker.html>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MILAZZO, Marco. **Pavilhão do Japão para a exposição Hannover – Alemanha**, 2000. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/496310821408141833/?lp=true>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

SALADO, Gersa de Cássia; SICHIERI, Edivaldo Paulo. A arquitetura em tubos de papelão de Shigeru Ban. **AE Ensaios**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, n. 2, p. 1-16, out. 2006.

SALADO, Gersa de Cássia. **Construindo com tubos de papelão**: um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2014. **Paper nursery school. Cidade Ya'an, Sichuan, China**. Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_PaperNurserySchool_Yaan/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018a.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2014. **Paper temporary shelter. Cebu, Filipinas.** Disponível em: <[http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_Paper Emergency Shelter-Philippines/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_Paper_Emergency_Shelter-Philippines/index.html)>. Acesso em: 17 nov. 2018b.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 1995. **Paper church. Kobe, Japão.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-church/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018c.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2001. **Paper log house. Bhuj, Índia.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/2001_paper-log-house-india/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018d.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 1995. **Paper log house. Kobe, Japão.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-log-house-kobe/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018e.

SILVA, Jéssica Santos da et al. Uso de tubos de papelão em vedações verticais. **Cadernos de graduação: ciências exatas e tecnológicas.** Maceió: UNIT- AL, v. 4, n. 2, p. 229-238, nov. 2017.

WALTERS, Helen. Buildings made from cardboard tubes: A gallery of Shigeru Ban architecture. **TEDBlog.** 2013. Disponível em: <<https://blog.ted.com/buildings-made-from-cardboard-tubes-a-gallery-of-shigeru-ban-architecture/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

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

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

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

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

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

Austenita 30, 31, 36

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

B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

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

C

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

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

Combustível nuclear 30

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

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

Conforto Humano 149

D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

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

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

F

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

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

G

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

Geotêxteis 194, 201, 202

I

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

L

Lajota Piso Tátil 149

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

M

Martensita 30, 31, 36

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

Morfologia do revestimento 46

P

Parâmetros operacionais 46

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

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

R

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

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

S

Síntese 18, 21, 158

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

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

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

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

T

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

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

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

W

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

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br