

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](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.

## 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>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL Marta Alves Marques  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
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  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>84</b>
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS Márcio Roberto da Silva Oliveira  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>94</b>
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109">https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>106</b>
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  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010">https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>132</b>
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  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011">https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011</a>	

**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**

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

Data de aceite: 01/10/2021

### Debora Scopel

Depto. Química- Universidade de Caxias do Sul

### Mateus Vosgnach

Depto. Química- Universidade de Caxias do Sul

### Vinicio Ceconello

Depto. Química- Universidade de Caxias do Sul

### Ana Maria Coulon Grisa

Depto. Química- Universidade de Caxias do Sul

### Edson L. Francischetti

Depto. Materiais- Instituto de Ciência e Tecnologia RS-IFRS/ Farroupilha- RS/ Brasil

### Mara Zeni Andrade

Depto. Química- Universidade de Caxias do Sul, Depto. Materiais- Instituto de Ciência e Tecnologia RS-IFRS/ Farroupilha- RS/ Brasil

**RESUMO:** Nos dias atuais, é necessário e busca-se cada vez mais empregar métodos sustentáveis para a construção civil minimizando impactos ambientais e reutilizando materiais recicláveis para o mesmo, visando preservar os recursos naturais não renováveis agrupando com a diminuição de custos e ampliando a utilização em conforto humano. O emprego de *flakes* de poliestireno (PS) pós-consumo em lajotas de

piso tátil, visa diminuir o consumo de agregado miúdo e, devido ao descarte inapropriado dos copos descartáveis de café, ajuda a diminuir seu volume colaborando na produção dos pisos. Neste artigo, são comparadas as propriedades entre uma argamassa convencional e mistura com a adição dos *flakes* pós-consumo, visando o aumento da resistência em lajotas tátil. Foram realizados ensaios de compressão axial e resistência à tração na flexão. As lajotas apresentaram incorporação de ar na mistura fixando a relação água/ cimento. Nos traços com maior teor de *flakes*, devido a menor quantidade de areia, e menor quantidade de água na mistura, havendo maior ganho de resistência.

**PALAVRAS - CHAVE:** Argamassa, poliestireno, lajota piso tátil, sustentabilidade, conforto humano.

### TACTILE FLOOR SLABS PREPARED WITH THE ADDITION OF RECYCLED POLYSTYRENE FLAKES AS A SMALL AGGREGATE IN MORTAR

**ABSTRACT:** Nowadays, it is necessary and increasingly seeks to employ sustainable methods for civil construction, minimizing environmental impacts and reusing recyclable materials for it, in order to preserve non-renewable natural resources by reducing costs and expanding their use in comfort human. The use of post-consumer polystyrene (PS) flakes in tactile floor tiles aims to reduce the consumption of fine aggregate and, due to the inappropriate disposal of disposable coffee cups, it helps to reduce their volume by collaborating in the production of the floors. In this

article, the properties between a conventional mortar and a mixture with the addition of post-consumer flakes are compared, aiming at increasing the strength of tactile tiles. Tests of axial compression and tensile strength in flexion were performed. The slabs showed incorporation of air in the mixture, fixing the water/cement ratio. In the mixes with higher flakes content, due to less sand and less water in the mixture, there was greater strength gain.

**KEYWORDS:** Mortar, polystyrene, tactile tile, sustainability, human comfort.

## INTRODUÇÃO

Atualmente está sendo dado ênfase à preservação e conservação do meio ambiente como forma de garantir o desenvolvimento sustentável. O crescimento ininterrupto do uso de materiais plásticos, nos últimos anos, tem causado preocupações pela má disposição dos mesmos no meio ambiente (Wang & Meyer, 2012). Na produção de materiais descartáveis como copos, bandejas de alimentos e sacolas plásticas são utilizadas como matéria prima poliestireno (PS), pois o mesmo apresenta boa resistência mecânica, térmica, elétrica e baixa densidade (Motta et al., 2016).

A construção civil é um grande consumidor de produtos cujo impacto ambiental pode ser minimizado pela reciclagem e uso de materiais poliméricos (Yu & Kang, 2009; Aguiar & John, 2010).

Nesse trabalho foram realizados ensaios de compressão axial e tração na flexão para lajotas de piso tátil, executadas a partir de argamassa com teores de substituição de PS no lugar da areia média. A adição do poliestireno (PS) em argamassa tem como principal característica alterar suas propriedades, tanto no estado fresco quanto no endurecido. Sendo termoplástico, o material possui boa resistência térmica, mecânica e elétrica, tendo baixa densidade. Segundo normas ABNT NBR 9050 e 16537 a sinalização tátil no piso é considerada um recurso complementar para prover segurança, orientação e mobilidade as pessoas, principalmente àquelas com deficiência visual ou surdo-cegueira.

Ao acatar os preceitos do desenho universal, o projetista está beneficiando e atendendo às necessidades de pessoas de todas as idades e capacidades. O piso tátil ou sinalização de concreto para calçamentos direcionais com textura e cor em destaque para acessibilidade deve oferecer fácil compreensão para pessoas com deficiência visual ou que possuam baixo índice de visão.

## METODOLOGIA

A argamassa das lajotas de piso tátil foi produzida com cimento CP IV-32, areia média, *flakes* de PS e água. Os *flakes* de PS foram obtidos de copos de café coletados, lavados e moídos em aglutinador e utilizados em substituição em volume da areia média nos teores de 25, 50 e 75% das peneiras com abertura de 4,8 a 0,6, comparados a uma argamassa referência, ou seja, com 0% de teor de substituição. Portanto não foram utilizadas peneiras

abaixo devido ao comportamento elastomérico do polímero. O traço utilizado foi 1:3, a relação água cimento foi variada a fim de atingir o índice de consistência determinado de  $26 \pm 2$  cm. A caracterização dos materiais foi feita através da análise granulométrica dos materiais seguindo as diretrizes da norma NBR 7211:2009, do ensaio de massa específica segundo a NBR NM 45:2006 e da massa unitária conforme NBR 977:1967. Para a moldagem segundo a NBR 13276:2002 foram utilizados corpos de prova de dimensões 4 x 4 x 16 cm, como método de adensamento utilizou-se a mesa de consistência. Aos 7 e 28 dias foram realizados os ensaios de compressão axial e tração na flexão, conforme a norma NBR 13279:2005.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para composição do traço foi necessário o conhecimento das características dos materiais, a tabela 1 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de massa específica e massa unitária da areia média e do OS, também, para o cimento CPIV-32 foi encontrada uma massa específica de  $2,83 \text{ g.cm}^{-3}$  e módulo de finura de 0,12%, segundo ABNT NBR 11579:2012.

Material	Massa Unitária ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Massa Específica ( $\text{g.cm}^{-3}$ )
Areia média	1547,43	2,62
Flakes PS	182,18	1,096

**Tabela 1** – Caracterização dos materiais

Para o ensaio de granulometria do agregado foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 2, dessa forma, foram obtidos para a areia média um módulo com finura de 1,53 e diâmetro máximo de 1,2 mm.

Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acumulado
4,8	0,47	0,09	0,09
2,4	3,69	0,74	0,83
1,2	17,71	3,55	4,38
0,6	40,98	8,21	12,59
0,3	159,71	31,99	44,58
0,15	228,09	45,69	90,27
Fundo	48,58	9,73	100,00

**Tabela 2** - Granulometria da areia média

Foram utilizados 82 g para a realização do ensaio pois, essa quantidade de PS possui o mesmo volume que 500 g de areia, o que seria necessário para a realização do ensaio segundo a norma NBR 7181. Na substituição em volume da areia pelo PS, foram usadas as granulometrias de 0,6 a 4,8 mm, pois houve limitação dos equipamentos para moagem dos grãos abaixo de 0,6 mm, sendo eles muito ineficientes.

GRANULOMETRIA – (82 g)				
Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acum.	Curva
9,5	0	0	0,00	100,00
6,3	0	0	0,00	99,90
4,75	1,5	1,83	1,83	99,72
2,36	20,32	24,79	26,62	98,61
1,18	34,69	42,32	68,93	68,93
0,6	24,33	29,68	98,61	26,62
0,3	0,91	1,11	99,72	1,83
0,15	0,15	0,18	99,90	0,00
Fundo	0,08	0,10	100,00	0,00
Total	81,98	100	-	-

**Tabela 3** - Resultado do Ensaio de Granulometria

Na tabela a seguir, encontram-se as quantidades substituídas em cada teor de PS em volume.

Peneiras	25% (massa)	50% (massa)	75% (g)
4,8	0,09	0,18	0,27
2,4	0,69	1,39	2,08
1,2	3,33	6,66	9,99
0,6	7,71	15,41	23,12

**Tabela 4** – Teor de *flakes* de PS

Após moldagem dos corpos de prova de diferentes teores foi realizado ensaio de mesa de consistência dos mesmos, os resultados encontram-se na tabela a seguir.



TRAÇO	Índice de Consistência (mm)
Referência	275
25%	271,7
50%	280
75%	275

**Tabela 5** - Resultados do ensaio de mesa de *índice de consistência*



**Figura 1** - Ensaio de Índice de Consistência



**Figura 2** - Ensaio de Índice de Consistência após os golpes (NBR 7181)

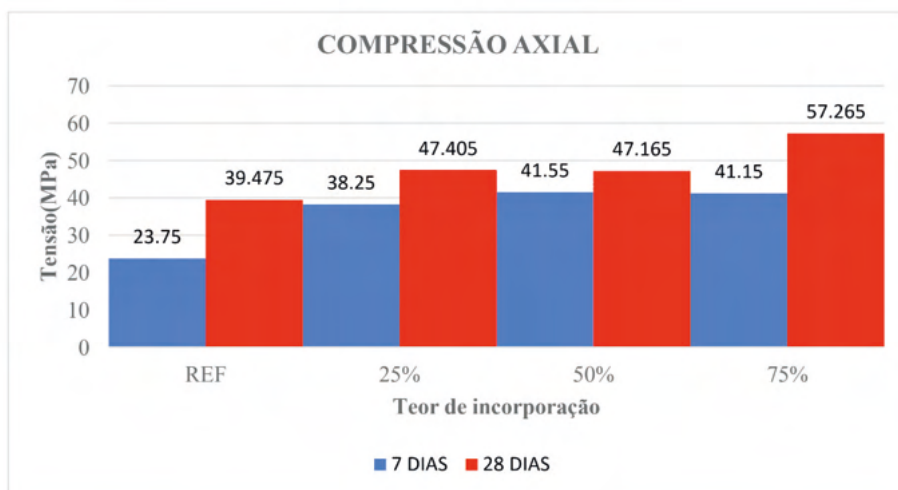
Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados. Durante o processo de desmoldagem, observou-se bolhas na mistura.



**Figura 3-** Amostra de lajota após cura de 28 dias em solução de cal.

Após, submetidos à cura submersa em água com cal hidráulica, aos 7 dias e 28 dias, realizaram-se os ensaios de compressão axial e tração na flexão conforme a norma NBR 13279:2005.

Na Fig.5 são apresentamos os dados da compressão axial ( tensão X % incorporação) para os corpos de prova curados nos banhos de cal por 7 e 28 dias.



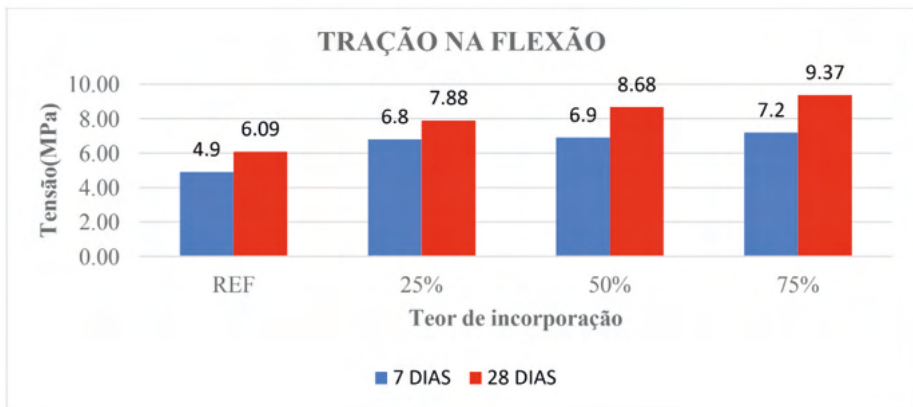
**FIGURA 4-** Ensaio de compressão axial dos corpos de prova após 7 e 28 dias em processo de cura (NBR 13279:2005).



**Figura 5** - Corpo de prova após rompimento do ensaio de compressão axial

Na Fig. 6 são apresentados os dados do ensaio de tração na flexão conforme norma NBR 13279:2005 após cura de 7 e 28 dias.

Na Fig.7 pode ser observado o corpo de prova ensaiado após cura com tração na flexão e pode-se observar a homogeneidade do material.



**Figura. 6** - Dados do ensaio de tração na flexão (NBR 13279:2005) após cura de 7 e 28 dias.



**Figura 7** - Corpo de prova após rompimento pelo ensaio de tração na flexão.

É possível observar que há homogeneidade do compósito, pois não ocorreu exsudação dos *flakes* de poliestireno mesmo sendo um material com menor densidade.

## CONCLUSÃO

Como nesse estudo o único parâmetro fixado foi o índice de consistência e o traço da argamassa, a relação água/cimento variou conforme o teor de substituição de areia por PS. Nos traços com maior teor de PS, devido a menor quantidade de areia, utilizou-se menor quantidade de água na mistura para alcançar o mesmo índice, o que ocasionou um maior ganho de resistência. Serão realizados testes com a utilização de aditivos superplastificantes para que se possa fixar a relação água/cimento, e obter altas resistências. As lajetas também apresentaram incorporação de ar na mistura por tanto, fixando a relação água cimento e melhorando o processo de moldagem espera-se que evite o surgimento de bolhas no compósito.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFRS e A UCS. As agencias de fomento que proporcionaram apoio as bolsas de IC e ITI. Ao CNPq e FAPERGS pela cooperação ao projeto.

## REFERÊNCIAS

Wang R.; Meyer C. Performance of cement mortar made with recycled high impact polystyrene. **Cement & Concrete Composites**, 2012, 34, 975–981.

Motta L.; Vieira J. G.; Omena T.H.; Faria F.; Rodrigues Filho G.; Assunção R. M. N. Mortar modified with sulfonated polystyrene produced from waste plastic cups. **Rev. Ibracon Estrut. Mater**, 2016,9 (5).

Yu C-J, Kang J. Environmental impact of acoustic materials in residential buildings. **Building and Environment**; 2009 .44.,2166–2175.

Aguiar F.M; John P.S. Measuring the ecoefficiency of cement use. **Cement and Concrete Composites** ,2010,32, 555–562.

Menegotto, A. N.; Nunes M. F. O. Avaliação de material com resíduos de EVA na redução do ruído de impacto em pisos. In anais **XXIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica**, 2010, Salvador.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente (1999) Resolução N° 258, de 26 de agosto de 1999. Ministério do Meio Ambiente, Governo Federal, Brasil.

Scobar R. L. Concreto leve estrutural: Substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida. **Dissertação**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016

Choi Y. W.; Moon D. J.; Kim Y. J.; Lachemi, M. Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. **Constr Build Mater**, 2009, 23, 2829-2835.

Naik T. R.; Singh S.S.; Huber, C. O.; Brodersen, B. S. Use of post-consumer waste plastics in cement-based composites. **Cement and concrete research**, 1996, 26, 1489 – 1492.

Mello, A. L. Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa. 172p. Dissertação (Mestrado), **Engenharia Ambiental Urbana**, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011

Omena T. H.; Leila Motta A. C. Argamassa Modificada com poliestireno: Refleões e prespectivas para o uso no patrimônio histórico. **4º Congr. de Argamassas e ETICS** , 2012, Coimbra, Portugal Universidade de Coimbra, APFAC / Tecons.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT NBR 9050/2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR 16537:2016 - Acessibilidade — Sinalização tátil no piso — Diretrizes para elaboração de projetos e instalação.

\_\_\_\_\_ ABNT 7181:2016 – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro

\_\_\_\_\_ ABNT NBR NM 45:2016 - Agregados Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR 9776 -1987 Agregados – Determinação da massa específica Chapman. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR 9778 - 2005 Argamassa e concreto endurecidos. Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR 13276:2005 – Índice de Consistência. . Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR 13279:2005 - Argamassa Para Assentamento e Revestimento - Determinação Da Resistência à Tração Na Flexão e Compressão. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR NM 52:2003 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ ABNT NBR NM 721:83 - Agregado para concreto. Rio de Janeiro.

Carasek H.; Araújo R. C.; Cascudo O. Angelim R. Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Matéria**, 2016,.1(3).

Carvalho, P. E. F.; Cintra, C.; Carasek H. Argamassas com fibras de celulose provenientes de embalagens de cimento e de cal. In: **ENTAC 2012**. Anais..., 2012.

Isaia G. (Editor) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Materiais de construção. Componentes de construção. **IBRACON** Instituto Brasileiro do Concreto, 2017, São Paulo..

Mansur, A. A. P. Mecanismos Físico-Químicos de Aderência na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimento. 2007. Tese de **Doutorado**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte. Disponível: [http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MAPO7\\_RCP68/alexandra\\_ancelmo\\_mansur.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MAPO7_RCP68/alexandra_ancelmo_mansur.pdf?sequence=1). Acesso 12 de abril de 2021.

Ohama, Y. Aditivos à base de polímero. **Cement and Concrete Composites**, 1988,.20,189-21.

Assunção R M. N; Royer B.; Oliveira J. S; Rodrigues Filho G.; Motta, L. A. C. Síntese, Caracterização e Aplicação do Poli (estireno-sulfonato) de sódio produzido a partir de copos de poliestireno como um aditivo em concreto. **Journal of Applied Polymer Science**, 2005, 96, 1534-1538. ]

Royer B.; Assunção R. M. N; Rodrigues Filho G.; Motta L.A.C. Efeito da aplicação do poliestireno sulfonado como aditivo em argamassas e concretos de cimento Portland CPV32. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 2005,15, .63-67.

## 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](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)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 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)