



# 7º ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO



# 7º ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO



**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

**Imagens da capa**

Agência Preview - Banco de Imagens

**Edição de arte**

Silvia Trein Heimfarth Dapper

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 Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

# 7º Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima

**Revisão:** Os autores

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S495 7º Encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção / Organizadores Luciana Cordeiro, Sofia Bessa, Angela Borges Masuero, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outros organizadores  
Daniel Tregnago Pagnussat  
Denise Carpena Coitinho Dal Molin  
Lais Zucchetti  
Sílvia Trein Heimfarth Dapper  
Rosana Dal Molin  
Fernanda Lamego Guerra  
Caroline Giordani  
Iago Lopes dos Santos  
Maria Fernanda Menna Barreto  
Maxwell Klein Degen  
Natália dos Santos Petry  
Rafaela Falcão Socoloski  
Roberta Picanço Casaril  
Aline Zini  
Jéssica Deise Bersch  
Thainá Yasmin Dessuy  
Thaís do Socorro Matos da Silva

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-681-9  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.819210811>

1. Construção civil. 2. Preservação ambiental. 3. Redução de impactos e o reaproveitamento de resíduos. I. Cordeiro, Luciana (Organizadora). II. Bessa, Sofia (Organizadora). III. Masuero, Angela Borges (Organizadora). IV. Título.

CDD 690

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)

Atena  
Editora

Ano 2021



## 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

Um dos grandes desafios do setor da construção civil é a busca pela redução de resíduos oriundos dos mais diversos processos da produção industrial. Desta forma, é estimulada, no âmbito científico, a busca por alternativas que visam o reaproveitamento desses resíduos como matéria-prima na construção. Aliado a esta ideia, o 7º Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção (ENARC) é um evento que visa incentivar a divulgação e discussão de ideias que possam embasar e desenvolver o setor da construção, levando em conta a ótica de preservação ambiental, redução de impactos e o reaproveitamento de resíduos.





## Agradecimentos

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Grupo FV, pelo apoio financeiro.

À ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, pelo apoio institucional.

À UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE - Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, PPGCI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura e LAMTAC - Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído, pela organização.

Ao Sinduscon-RS, pelo apoio e divulgação.

Aos autores, pela divulgação das pesquisas e à comissão científica pela sua avaliação.

A todos os participantes, pelas suas contribuições, presenças e interações.

Nosso muito obrigado a todos.

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## Comissão organizadora local

- Profa. Dra. Angela Borges Masuero (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Prof. Dr. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Denise Dal Molin (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Lais Zucchetti (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Silvia Trein Heimfarth Dapper (PUCRS)
- Rosana Dal Molin (ANTAC) - Secretária ANTAC
- Fernanda Lamego Guerra (Pós-Doc NORIE/UFRGS)
- Caroline Giordani (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Deividi Maurenre Gomes da Silva (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Iago Lopes dos Santos (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Maria Fernanda Menna Barreto (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Maxwell Klein Degen (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Natália dos Santos Petry (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Rafaela Falcão Socoloski (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Roberta Picanço Casaril (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Aline Zini (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Jéssica Deise Bersch (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Thainá Yasmin Dessuy (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Thaís do Socorro Matos da Silva (Mestranda NORIE/UFRGS)





## Comitê científico

Profa. Luciana Cordeiro (UFPA) – Comissão coordenadora

Profa. Sofia Bessa (UFMG) – Comissão coordenadora

## Revisores

Abrahão Bernardo Rohden (FURB)

Adeildo Cabral (IFCE)

Adriana Gumieri (UFMG)

Aline Barboza (UFAL)

Ana Paula Maran (UFMS)

Ana Paula Milani (UFMS)

Anderson Muller (IFSC)

Andrea Franco (UFMG)

Ariane P. Rubin (UFSC)

Carina Stolz (FEEVALE)

Carlos Eduardo Marmorato (UNICAMP)

Cláudia Ruberg (UFPB)

Cláudio Kazmierczak (UNISINOS)

Dóris Bragança (UFRGS)

Edna Possan (UNILA)

Eduardo Grala (UFPEL)

Eduardo Polesello (FEEVALE)

Elaine Antunes (UNESC)

Fabiano Pereira (UNESC)

Fabriccio Almeida (SENAI)

Feliciane Brehm (UNISINOS)

Felipe Moreira (UFPA)

Felipe Reis (IFPA)

Fernanda Costa (UFRB)

Fernando Almeida (UFMG)

Fernando José (UFMG)

Geilma Vieira (UFES)

Giselle Reis (SERG/RS)

Glauceinei Correa (UFMG)

Guilherme Brigolini (UFOP)

Guilherme Cordeiro (UENF)

Isaura Paes (UFPA)

Janaíde Rocha (UFSC)

Jardel Gonçalves (UFBA)

João Adriano Rossignolo (USP)

Juliana Moretti (UNIFESP)

Luciana Cordeiro (UFPA)

Lucimara Leal (IFPA)

Luiz Maurício Maués (UFPA)

Luizmar Lopes (UPF)

Marcelo Massulo (UFPA)

Marcelo Picanço (UFPA)

Márcia França (UFMG)

Maria Teresa Aguilar (UFMG)

Marlon Longhi (UFRGS)

Maurício Pina (UFPA)

Maurilio Pimentel (UFPA)

Mirna Gobbi (PROARQ/UFRJ)

Mônica Leite (UEFS)

Muriel Froener (UCSul)

Patrícia Chaves (IFPA)

Patrícia Lovato (UPF)

Paulo Gomes (UFAL)

Rafael Mascolo (UNIVATES)

Ricardo Girardi (PUCRS)

Richard Lermen (IMED)

Risete Braga (UFPA)

Robson Fernandes (UFPA)

Rodrigo Silva (IMED)

Sabino Alves (UNIFESSPA)

Sandra Oda (UFRJ)

Sofia Bessa (UFMG)

Talita Miranda (UFMG)

Teresa Barbosa (UFJF)

Thiago Braga (UFPA)

Thiago Melo Grabois (UFRJ)

White dos Santos (UFMG)


## SUMÁRIO

### ÁREA 1 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATERIAIS, COMPONENTES, ELEMENTOS E SISTEMAS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUOS

#### **CAPÍTULO 1.....1**

PREVISÃO DO IMPACTO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU NO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO


MEDEIROS; Victor Amadeu Sant' Anna; CRUZ; Bruna Ramos de Souza; ALCAZAS; Juliana Carrasco; MILANI; Ana Paula da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108111>

#### **CAPÍTULO 2.....9**

PROPRIEDADES REOLÓGICAS E HIDRATAÇÃO DE PASTAS DE CIMENTOS TERNÁRIOS CONTENDO RESÍDUOS DE MÁRMORE, PORCELANATO, BLOCO CERÂMICO E FOSFOGESSO


COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108112>

#### **CAPÍTULO 3.....17**

OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MOAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA APLICAÇÃO COMO MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES


COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108113>

#### **CAPÍTULO 4.....26**

EFEITO DA SÍLICA ATIVA NA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO ATRAVÉS DO MÉTODO ACELERADO EM BARRAS DE ARGAMASSAS


CRUZ DA SILVA ARAUJO; Juliene; PEREIRA BONFIM; Francirene; PEREIRA GOUVEIA; Fernanda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108114>

#### **CAPÍTULO 5.....33**


ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA MOAGEM DO RESÍDUO DE FCC NA HIDRATAÇÃO INICIAL DO CIMENTO POR CALORIMETRIA ISOTÉRMICA

OLIVEIRA; Josinorma Silva de; ANDRADE; Heloysa Martins Carvalho, GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108115>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>42</b>
MÉTODO DE RIETVELD PARA QUANTIFICAÇÃO DE FASES EM RESÍDUOS PARA USO COMO MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES (MCS)	
MATOS; Samile Raiza Carvalho; COSTA; Ana Rita Damasceno; OLIVEIRA; Josinorma Silva de; MACIEL; Kuelson Rândello Dantas; GONÇALVES; Jardel Pereira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>51</b>
AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE MISTURAS SOLO-RESÍDUO VISANDO A UTILIZAÇÃO COMO BARREIRAS IMPERMEÁVEIS EM ATERROS SANITÁRIOS	
BRESSAN JUNIOR; José C.; ZAMPIERI; Lucas Q.; NIENOV, Fabiano A.; LUVIZÃO, Gislaïne	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>58</b>
NEUTRALIZAÇÃO DO FOSFOGESSO COM CAL E A SUA INFLUÊNCIA NA HIDRATAÇÃO E NO DESEMPENHO MECÂNICO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS	
ANDRADE NETO; José S.; BERSCH; Jéssica D.; SILVA, Thaís S. M.; RODRÍGUEZ, Erich D.; SUZUKI, Seiiti; KIRCHHEIM; Ana Paula	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>66</b>
INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM ARGAMASSAS NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO OU DO CIMENTO	
TORRES; Ariela da Silva; PINZ; Francielli Priebbernow; PALIGA; Charlei Marcelo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>73</b>
DESEMPENHO TÉRMICO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DA MINERAÇÃO E SIDERURGIA	
BARRETO; Rodrigo Rony; MENDES; Vitor Freitas; FARDIN; Wellington; SANTANA; Vanessa Pereira; MENDES; Julia Castro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>81</b>
CARBONATAÇÃO NATURAL EM CONCRETO COM RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM SUBSTITUIÇÃO AO AGLOMERANTE	
COSTA; Vitória Silveira da; TEIXEIRA; Fernando Ritiéle; PALIGA; Charlei Marcelo; TORRES; Ariela da Silva	




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081111>

**CAPÍTULO 12.....88**

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO ARGILITO NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE MATRIZES CIMENTÍCIAS


SILVA; Thaís; BERSCH; Jéssica; ANDRADE NETO; José; MASUERO; Angela; DAL MOLIN; Denise

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081112>

**CAPÍTULO 13.....95**

EFEITO DA ADIÇÃO DE CINZA DE OLARIA NO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLO ARGILOSO DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-PR


KADLOBICKI; Lucas; TRENTO; Vanderlei; PAULINO; Rafaella Salvador; DA SILVA; Sauana Centenaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081113>

**CAPÍTULO 14.....103**

ANÁLISE CRÍTICA DOS MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) BASEADA EM CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DE CONCRETOS RECICLADOS


FERREIRA; Guilherme de Andrades; NEUMANN; Isadora Sampaio; SANTOS; Iago Lopes; DAL MOLIN; Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081114>

**CAPÍTULO 15.....111**

CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR DE ELEVADA REATIVIDADE PRODUZIDA VIA FRACIONAMENTO DENSIMÉTRICO E MOAGEM ULTRAFINA

LINHARES, Beatriz Dias Fernandes; LEMOS, Mônica Nunes; CORDEIRO, Guilherme Chagas







 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081115>

**CAPÍTULO 16.....119**







GEOPOLÍMERO A BASE DE METACAULIM: MEDIDAS DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

COSTA, Rayara Pinto; PY, Lucas Goldenberg; SACARDO, Lucas Eduardo Perin; LONGHI, Marlon Augusto; KIRCHHEIM, Ana Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081116>

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>127</b>
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DE POLIPROPILENO TRITURADO	
GARCIA; Adson de Sousa; SILVA; Barbara Cristina Soares; JÚNIOR; Paulo Sergio Barreiros de Leão; SOUZA; Grazielle Tigre de	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117</a>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>134</b>
ANÁLISE EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS UTILIZANDO RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE (DREGS E GRITS)	
ALVARENGA; Bruno Medeiros de; FALCÃO; Juliane Rodrigues; TESSARO; Alessandra Buss; MATTOS; Flávia Costa de	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118</a>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>142</b>
CARBONATAÇÃO DE ARGAMASSAS MISTAS PRODUZIDAS COM REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO	
HERMENEGILDO, Gabriela C.; CARNEIRO, Gisele O. P.; NOGUEIRA, Júlia A. W.; BEZERRA, Augusto C., BESSA, Sofia A. L.	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119</a>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>150</b>
EFEITO DE UMA RESINA POLIMÉRICA NA ABSORÇÃO DE PEDRAS ARTIFICIAIS DE CALCÁRIO LAMINADO	
BEZERRA; Ana Karoliny Lemos; SILVA; Leonária Araújo; ARAÚJO; Lucas Benício Rodrigues; CABRAL; Antonio Eduardo Bezerra	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120</a>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>158</b>
CARACTERIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) GERADA EM LEITO FLUIDIZADO	
PAGLIARIN; Karine; JORDANI; Bárbara; KOPPE; Angélica	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121</a>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>166</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SUBPRODUTOS NA DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CIMENTO	
MARTINS; Julia; ROCHA; Janaíde	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122</a>	




<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>173</b>
COMPÓSITO CIMENTÍCIO COM GRÃOS DE POLIPROPILENO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E À FLEXÃO	
COELHO, Rivaldo Teodoro; DUCATTI, Vitor Antonio; SALADO, Gerusa de Cássia	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081123">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081123</a>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>180</b>
COMPORTAMENTO DE CONCRETOS COM BAIXO TEOR DE CASCA DE ARROZ COMO BIOAGREGADO	
AMANTINO, Guilherme; TIECHER, Francieli; HASPARYK, Nicole; TOLEDO, Romildo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124</a>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>187</b>
ANÁLISE DA DURABILIDADE DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA EM DIFERENTES FATORES ÁGUA CIMENTO	
ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081125">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081125</a>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>195</b>
ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA COM FIXAÇÃO DA TRABALHABILIDADE PELO USO DE ADITIVOS PLASTIFICANTE	
ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081126">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081126</a>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>202</b>
ANÁLISE DA APLICABILIDADE DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA NA PAVIMENTAÇÃO	
SANTOS, Marianny Viana dos; SOUZA, Wana Maria de; RIBEIRO, Antonio Junior Alves	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127</a>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>208</b>
RESÍDUO DE CONCRETO COMO SUBSTITUTO AO CIMENTO: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E DAS EMISSÕES	
OLIVEIRA, Dayana Ruth Bola; LEITE, Gabriela; POSSAN, Edna; MARQUES FILHO, José	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081128">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081128</a>	

## ÁREA 2 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM RESÍDUOS

### **CAPÍTULO 29.....216**

USO DO RESÍDUO DA NEFELINA EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO


ROSA; Laura Pereira; HALTIERY; Diego Santos; PEREIRA; Fabiano Raupp; ANDRADE; Lucimara Aparecida Schambeck

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081129>

### **CAPÍTULO 30.....224**

INFLUÊNCIA DA MAGNETITA E DA BARITA EM MATRIZES CIMENTÍCIAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA


MAZZARO; Filipe S.; ALVES; Jordane G.S.; ALMEIDA; Fernando C.R.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081130>

### **CAPÍTULO 31.....232**

UTILIZAÇÃO DE CINZA PESADA DE BIOMASSA DE PINUS TAEDA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NO CONCRETO CONVENCIONAL

BARCAROLI; Bruno Crimarosti; SALAMONI; Natália; ROHDEN; Abrahão Bernardo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081131>

### **CAPÍTULO 32.....240**

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO


REUPS; José Eduardo Angeli; NIEMCZEWSKI; Juliana Alves Lima Senisse

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081132>

### **CAPÍTULO 33.....248**

AVALIAÇÃO DO USO DO PÓ DE RETIFICA PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO


AVERNA; Larissa Bertho; MATTEDI; Carolina Vieira; DE ABREU; Victor Barreto; CONTINI; Paulo Victo Matiello; MARIANI; Bruna Bueno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081133>

### **CAPÍTULO 34.....256**

CRIAÇÃO DE REVESTIMENTOS BIOINSPIRADOS A PARTIR DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO


MENEGUEL, Carolina Frota; DAPPER, Silvia Trein Heimfarth

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081134>

**CAPÍTULO 35.....264**

CONSTRUÇÃO DE QUIOSQUES COM TUBOS DE PAPELÃO EM EVENTOS TEMPORÁRIOS


DIAS; Nathalia Schimidt; SALADO; Gerusa de Cássia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081135>

**CAPÍTULO 36.....272**

REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO EM ARGAMASSAS


MARAN, Ana PauLa; MENNA BARRETO, Maria Fernanda; MASUERO, Angela Borges;  
DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081136>

**CAPÍTULO 37.....281**

CINZAS DE BIOMASSA GERADAS NA AGROINDÚSTRIA DE MALTE: CARACTERIZAÇÃO E USO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS


DA SILVA; Sauana Centenaro; DA SILVA; João Adriano Godoy; PAULINO; Rafaella Salvador

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081137>

**CAPÍTULO 38.....289**

UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RCD EM SUBSTITUIÇÃO TOTAL AOS NATURAIS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETOS ADENSADOS DE FORMA MANUAL E MECÂNICA


SARTORE; Igor Carlesso; PAULINO; Rafaella Salvador; TORALLES; Berenice Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081138>

**CAPÍTULO 39.....297**

INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR PÓ DE PEDRA EM TUBOS DE CONCRETO


COLONETTI; Luís Gustavo Vieira; PIROLLA; Douglas Leffa; PIVA; Jorge Henrique;  
MACCARINI; Helena Somer; WANDERLIND; Augusto; ANTUNES; Elaine Guglielmi Pavei

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081139>

**CAPÍTULO 40.....305**

PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO E AGREGADO POR CINZAS DE CARVÃO VAPOR


PADILHA; Lilian; PIROLLA; Douglas Leffa; PIVA; Jorge Henrique; SAVI; Aline Eyng;  
WANDERLIND; Augusto; ANTUNES; Elaine Guglielmi Pavei

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081140>

**CAPÍTULO 41..... 312**

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO AXIAL DE ARGAMASSAS MISTAS


SCHILLER; Ana Paula Sturbelle; PALIGA; Charlei Marcelo; TORRES; Ariela da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081141>

**CAPÍTULO 42..... 319**

PAINÉIS AGLOMERADOS HOMOGÊNEOS DE MADEIRA PRODUZIDOS COM PINUS, PALHA DE MILHO, POLIETILENO TEREFTALATO E POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA


SOUZA; Matheus; CAZELLA; Pedro H. S.; RODRIGUES; Felipe R.; PEROSSO; Marjorie B. S.; SILVA; Sérgio A. M.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081142>

**CAPÍTULO 43..... 327**

ESTUDO DO EMPREGO DE AGREGADOS CERÂMICOS EM CONCRETO PERMEÁVEL


STRIEDER; Helena L.; DUTRA; Vanessa F. P.; GRAEFF; Ângela G.; MERTEN; Felipe R. M.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081143>

**CAPÍTULO 44..... 335**

PRODUÇÃO DE PISOS INTERTRAVADOS EM ESCALA INDUSTRIAL COM A INCORPORAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO


GHISLENI; Geisiele; LIMA; Geannina Terezinha dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081144>

**CAPÍTULO 45..... 343**

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA REGIÃO AMAZÔNICA EM ÁLCALI-ATIVADOS VISANDO O SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

RIBEIRO; Rafaela Cristina Alves; CAMPOS; Patrick Cordeiro; BRITO; Woshington da Silva; PICANÇO; Marcelo Souza; GOMES-PIMENTEL; Maurílio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081145>

**CAPÍTULO 46..... 350**

ESTUDO EXPERIMENTAL DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO DE CINZA VOLANTE DE

## MINÉRIO DE CARVÃO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO


BICA; Bruno O.; PADILHA; Francine; ROCHA; Janaíde; GLEIZE; Philippe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081146>

### **CAPÍTULO 47.....358**

#### ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO QUARTZOSO POR AGREGADO MIÚDO DE BRITAGEM DE ROCHA BASÁLTICA EM CONCRETO


WALKER; Wesley Ramon; MEINHART; Alice Helena; ARNOLD; Daiana Cristina Metz; DIAS; Letícia Andriolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081147>

### **CAPÍTULO 48.....365**

#### AVALIAÇÃO DO RESÍDUO DE ARENITO COMO AGREGADO MIÚDO EM MATRIZ DE ARGAMASSA


MARIO, Mauro; GIORDANI, Caroline; MASUERO, Angela Borges; DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081148>

### **CAPÍTULO 49.....373**

#### O RESÍDUO DE NIÓBIO E SUAS POTENCIAIS APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA


ALVES; Jordane G.S.; MAZZARO; Filipe S.; ALMEIDA; Fernando C.R.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081161>

### **CAPÍTULO 50.....380**

#### PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS PRODUZIDOS PARA NÚCLEO DE PAINEL SANDUÍCHE

PEREIRA; Alexandre Rosim; ROSSIGNOLO; João Adriano


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081150>

## ÁREA 3 - GESTÃO DE RESÍDUOS

### **CAPÍTULO 51.....388**

#### IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CAMPO GRANDE – MS


PUPIN; Nayara Severo; MAIA; Johnny Hebert de Oliveira; MILANI; Ana Paula da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081151>

**CAPÍTULO 52.....395**

O CICLO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA UFRGS


ANTUNES; Giselle Reis; RODRIGUES; Eveline Araujo; SIMONETTI; Camila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081152>

**CAPÍTULO 53.....403**

ANÁLISE SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS


ROCHA, Paulyne Vaz; SOUZA; Ana Lilian Brock de; PETRY, Natália dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081153>

**CAPÍTULO 54.....412**

ANÁLISE DO PLANO DE GESTÃO MUNICIPAL INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE RIO BRANCO – AC, SOB A ÓTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

VIANA; Tiago H. da Costa; MONTEIRO; Késsio Raylen; SEGOBIA; Pedro Bomfim


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081154>

**ÁREA 4 - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA**

**CAPÍTULO 55.....420**

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM FIBROCIMENTOS


BASSAN DE MORAES; Maria Júlia; SOARES TEIXEIRA; Ronaldo; PROENÇA DE ANDRADE; Maximiliano; MITSUUCHI TASHIMA; Mauro; ROSSIGNOLO; João Adriano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081155>

**CAPÍTULO 56.....428**

PROJETO SARGOOD: VALORIZAÇÃO DO *SARGASSUM* NA CONSTRUÇÃO CIVIL


ROSSIGNOLO, João Adriano; BUENO, Cristiane; DURAN, Afonso Jose Felicio Peres; LYRA, Gabriela Pitolli; ASSUNÇÃO, Camila Cassola; GAVIOLI, Leticia Missiato; MORAES, Maria Julia Bassan; NASCIMENTO, João Lucas Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081156>

**CAPÍTULO 57.....436**

VALORIZAÇÃO DO CAULIM FLINT COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR (MCS)

MEDEIROS; Matheus Henrique Gomes de; MATOS; Samile Raiza Carvalho; DESSUY; Thainá Yasmin; MASUERO; Angela Borges; DAL MOLIN; Denise Carpena Coitinho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081157>

## ÁREA 5 - AVALIAÇÃO AMBIENTAL E DO CICLO DE VIDA

### **CAPÍTULO 58.....443**

AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DE PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL: COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE AGREGADOS DE RCD E NATURAIS


CASARIN; Roberta P.; ARAGÃO; Lucas C.; ZAPPE; Anna Paula S. ; THOMAS; Mauricio; PASSUELO; Ana Carolina B.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081158>

### **CAPÍTULO 59.....451**

O IMPACTO AMBIENTAL DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOB A VISÃO DO CICLO DE VIDA


KONZEN; Bárbara Anne Dalla Vechia; PEREIRA; Andréa Franco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081159>

### **CAPÍTULO 60.....462**

PEGADA DE CARBONO DE CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS PRODUZIDOS COM FINOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL


FERREIRA; Luiza de Souza; DESSUY; Thainá Yasmin; GLITZEHNIRN; Claudia; PASSUELLO; Ana; MASUERO; Angela Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081149>

### **CAPÍTULO 61.....468**

AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS SUSTENTÁVEIS PARA PAVERS CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS

ALTOÉ; Silvia Paula Sossai; GOÉS; Isadora; ROTTA; José Venancio Pinheiro; BORIN; Mateus Roberto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081160>





## COMPORTAMENTO DE CONCRETOS COM BAIXO TEOR DE CASCA DE ARROZ COMO BIOAGREGADO

<https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124>

AMANTINO, GUILHERME<sup>1</sup>; TIECHER, FRANCIELI<sup>2</sup>; HASPARYK, NICOLE<sup>3</sup>; TOLEDO, ROMILDO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>FACULDADE IMED; <sup>2</sup>FACULDADE IMED; <sup>3</sup>ELETRONBRAS FURNAS; <sup>4</sup>UFRJ  
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: AMANTINO.ENG@GMAIL.COM

**RESUMO:** Resíduos agroindustriais podem ser atrativos como agregado para construção. Esta pesquisa avaliou o emprego de baixo teor de casca de arroz como bioagregado no concreto. O estudo experimental utilizou a casca in natura e tratada (teor de 1% em volume) como agregado miúdo, e incorporou cinza de casca de arroz em substituição ao cimento (8%, em massa). Foram avaliadas a retração por secagem e o comportamento mecânico dos concretos até 6 meses de idade. Os bioconcretos obtidos apresentaram características de concretos leves, com desempenho mecânico e rigidez satisfatórios, podendo ser aplicados em estruturas e painéis de fechamento.

**PALAVRAS-CHAVES:** Bioconcretos, bioagregados, casca de arroz.

**ABSTRACT:** Agro-industrial waste can be attractive for the use as construction aggregate. The purpose of this study was to evaluate a low content of rice husk as bioaggregate in concrete. An experimental study was performed with this waste in raw and treated form (1%, by volume) as fine aggregate, and the incorporation of rice husk-ash in partial substitution to cement (8%, by weight). Drying shrinkage and mechanical properties were evaluated up to 6 months. The results demonstrated the achievement of lightweight bioconcretos with satisfactory mechanical properties and stiffness, being able to be applied in structures and closure panels.

**KEYWORDS:** Bioconcrete, bioaggregate, rice husk.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos cresceu o número de estudos sobre os impactos ambientais e o consumo de matéria-prima não recicláveis nas construções. Como exemplos, pode-se citar o consumo de 590 milhões de toneladas de agregados no Brasil <sup>(1)</sup> e a emissão de cerca 600 kg de CO<sub>2</sub>/ton de cimento, em 2018 <sup>(2)</sup>.

Diante deste contexto, é necessário o estudo de materiais recicláveis em substituição aos comumente empregados pela construção civil. A agroindústria gera grande quantidade de resíduos e, dentre eles, destaca-se a casca de arroz (CA), um resíduo sem fim nutritivo que faz a cobertura do grão. Segundo dados do *Foreign Agricultural Service* <sup>(3)</sup>, a produção mundial anual de arroz em 2020 foi de cerca de 500 milhões de toneladas e os resíduos usualmente são calcinados para geração de energia, ou descartados. A reutilização deste material como bioagregado é recente e estudos descrevem que a incorporação da CA

em concretos resulta em materiais leves e isolantes <sup>(4)(5)(6)</sup>, embora exista redução do desempenho mecânico para elevados teores <sup>(7)(8)</sup>.

A CA é composta por celulose (40% a 50%), lignina (25% a 30%), matéria inorgânica (aproximadamente 20%) e sílica. Estudos sugerem que a matéria extrativa presente nos bioagregados pode conter constituintes solúveis que, ao serem incorporados na água de amassamento, solubilizam açúcares e outros inibidores que afetam a pega e a cinética de hidratação do cimento <sup>(4)(9)(10)</sup>.

A fim de minorar este comportamento, alguns pesquisadores sugerem o tratamento de bioagregados por meio de imersão e lavagem da biomassa com água em temperatura ambiente ou aquecida, ou ainda contendo solução de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) <sup>(10)(11)(12)(13)</sup>.

Na busca por materiais alternativos para a construção, nesta pesquisa foi estudada a influência do uso de um baixo teor de CA *in natura* e tratada como bioagregado miúdo, e a substituição parcial do cimento por cinza da casca de arroz (CCA) no concreto.

## 2 | PROGRAMAMA EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

Este estudo utilizou o cimento CP-V ARI e a substituição, em massa, de 8% do cimento por CCA. Os agregados utilizados são de origem granítica e potencialmente inócuos para a reação álcali-sílica (conforme ABNT NBR 15577). Nas dosagens dos bioconcretos houve a substituição parcial (em volume) de 1% de agregado miúdo por CA, teores adotados com base em estudos realizados <sup>(7)(14)</sup>. Utilizou-se aditivo polifuncional modificador de viscosidade, com as seguintes propriedades físicas: pH = 5,41; teor de sólidos = 43,97%; densidade = 1,187 g/cm<sup>3</sup>.

Na Figura 1 são apresentadas micrografias por microscopia eletrônica por varredura (MEV) da CA e CCA, respectivamente. Observando-se a Figura 1(a), percebe-se a superfície rugosa e tubular da CA, contendo diversos poros, da CA. A CCA possui distribuição granulométrica uniforme e fina, com formato semelhante para todos os grãos (Figura 1(b)).

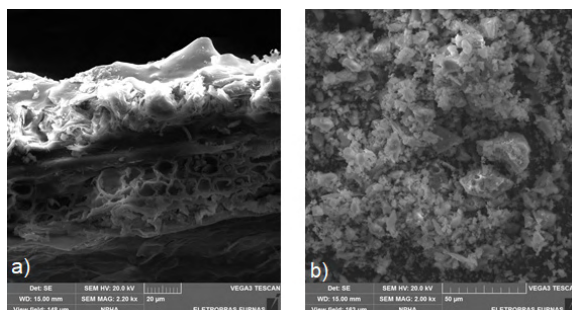


Figura 1 – Micrografias obtidas por MEV: a) CA; b) CCA.

Fonte: Furnas (2021).

## 2.2 Produção dos concretos e ensaios realizados

Foram confeccionados corpos de provas cilíndricos (10 x 20 cm) para as análises mecânicas de tração diametral, compressão e módulo de elasticidade até a idade de 180 dias. Para determinação da retração por secagem, ao longo de 90 dias, foram empregados corpos de prova prismáticos (7,5 x 7,5 x 28,5 cm). Foi realizado de forma complementar o ensaio de rigidez denominado SDT<sup>(15)</sup>. O traço empregado no concreto da pesquisa foi de 1:2,23:3,08:0,58 (cimento:areia:brita:relação água cimento), em massa.

Foram avaliadas 3 condições, a saber: concreto de referência, produzido sem a CA (C.REF-0); concreto com 1% de casca em substituição ao agregado miúdo, sendo a casca *in natura* (BC.CCA/CA-1); concreto com 1% de casca tratada, em substituição ao agregado miúdo (BC.CCA/CA.TRAT-1).

O tratamento consistiu na submersão e agitação da CA em água saturada com  $\text{Ca(OH)}_2$ , à temperatura ambiente, durante 1 hora, seguido por secagem em estufa a 90°C, por 24 horas. A escolha da solução contendo  $\text{Ca(OH)}_2$  foi feita com base no estudo de Ferreira<sup>(12)</sup> e de Iwakiri *et al.*<sup>(11)</sup> que obtiveram alterações na morfologia da CA com tratamento contendo  $\text{Ca(OH)}_2$ .

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Propriedades físicas

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de retração por secagem dos concretos. Verifica-se menor retração nos bioconcretos, atingindo reduções de até 47% e 58% aos 90 dias para 1% de CA com e sem tratamento em relação à referência, idade em que estabilizou a retração. Além disso, houve menores retrações em idades iniciais para os bioconcretos. Genieva *et al.*<sup>(16)</sup> descrevem que a superfície tubular e porosidade interna do grão alivia a retração a poucas idades. Ainda, Nozahic *et al.*<sup>(17)</sup> relatam que a remoção de extrativos e o acúmulo de  $\text{Ca(OH)}_2$ , na superfície, auxilia na melhor aderência matriz/bioagregado.

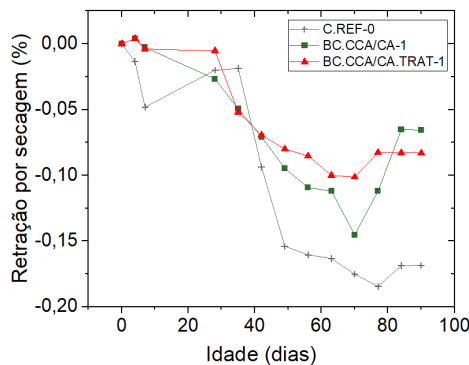


Figura 2 – Resultados de retração por secagem até os 90 dias de idade.

### 3.2 Propriedades mecânicas dos concretos

Os resultados de resistência à compressão, tração e módulo de elasticidade são apresentados na Figura 3.

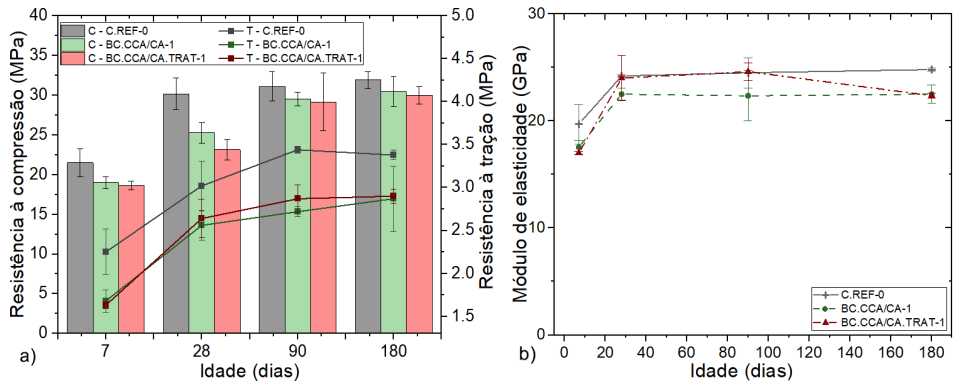


Figura 3 – Resultados mecânicos para: a) Resistência à compressão (C) e à tração (T); b) Módulo de elasticidade dos concretos estudados.

Verifica-se uma maior resistência à compressão do concreto de referência, sendo a diferença mais expressiva até os 28 dias (16% CA *in natura* e 23% CA tratada). Já para as idades mais avançadas estudadas, de 90 e 180 dias, as diferenças são bem inferiores, e da ordem de 5% (independente da condição) em comparação à referência. Ainda, o concreto referencial resultou em maiores resistências à tração ao longo de todas as idades avaliadas, e da ordem de 15% aos 180 dias, quando comparada aos concretos com a CA, independente se tratada ou não.

Comportamentos semelhantes ao deste estudo foram obtidos e apresentados na literatura, com o emprego de CA, variando entre 2,5% a 7,5% <sup>(8;18)</sup>. Alguns estudos apresentam reduções de resistência à compressão na ordem de 10% com a incorporação de 3% de CA <sup>(9)</sup> e 20% para 5% de CA <sup>(19)</sup>.

Em relação ao tratamento realizado na casca, os resultados de resistência à compressão obtidos indicaram que não houve diferenças significativas (ANOVA) para todas as idades, exceto aos 28 dias, idade na qual a resistência à compressão do bioconcreto com a CA tratada foi 8% inferior à do bioconcreto contendo CA *in natura*. Aos 90 dias, o concreto contendo CA tratada apresentou resistência à tração 6% superior ao bioconcreto convencional.

No que diz respeito ao ensaio SDT e o índice de rigidez (SDI) obtido para os concretos na idade de 180 dias, observa-se um menor índice para aquele concreto contendo a CA tratada (SDI = 0,157) em comparação ao concreto com a CA, sem tratamento (SDI = 0,185), mostrando benefícios do tratamento nesse sentido.

Em relação ao módulo de elasticidade, as amostras contendo CA sem tratamento apresentaram valores inferiores àqueles da referência (cerca de 9%). Quando a CA tratada foi utilizada, um comportamento similar foi observado para as idades de 7 e 180

dias, enquanto essa propriedade se mostrou similar à da amostra de referência para as idades de 28 e 90 dias.

Alguma redução no módulo de elasticidade era esperada, uma vez que quem rege essa propriedade prioritariamente é o agregado. Eventualmente alguma fragilização na zona de transição entre a matriz cimentícia e o bioagregados pode também ocorrer. A densidade e a porosidade dos bioagregados influenciam na rigidez do concreto devido à sua estrutura tubular e porosa. Estudos utilizando bioagregados oriundos de bambu<sup>(20)</sup> e casca de arroz<sup>(10)</sup> corroboram com a redução de rigidez do bioconcreto.

Uma melhora na aderência bioagregado/matriz cimentícia, oriunda da remoção de extrativos da CA, são descritos na literatura, onde foi constatado que aumenta a rigidez da microestrutura tubular da casca e a aderência dos grãos, comparado aos bioagregados sem tratamento<sup>(21)</sup>.

Embora Chabannes *et al.*<sup>(22)</sup> e Pantawe *et al.*<sup>(23)</sup> tenham obtido melhorias mecânicas realizando o tratamento superficial do bioagregado com  $\text{Ca(OH)}_2$ , Salas *et al.*<sup>(24)</sup>, que também estudaram CA, e Chabannes *et al.*<sup>(25)</sup>, que estudaram cânhamo, demonstraram comportamentos semelhantes aos observados no presente estudo, ou seja, sem benefícios significativos nas propriedades mecânicas em função do tratamento superficial dos bioagregados.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES

O estudo da incorporação de baixos teores de bioagregado (CA) resultou em bioconcretos com desempenho mecânico satisfatório ao longo das idades avaliadas e aplicáveis a estruturas leves e elementos de fechamento. Os resultados do estudo permitem as seguintes considerações:

- A incorporação da 1% de CA em substituição ao agregado miúdo conferiu resistência à compressão 5% inferior ao referencial, e resistência à tração 15% inferior, ambos na idade final analisada (180 dias).
- O tratamento superficial não resultou em benefícios para a resistência à compressão, não havendo diferenças significativas ao longo do tempo (até 180 dias). Entre 28 e 90 dias o bioconcreto com a CA tratada apresentou resistência à tração superior ao sem tratamento; já aos 180 dias, os valores foram semelhantes. Mais estudos são necessários para o completo entendimento dos mecanismos envolvidos nessa propriedade.
- O módulo de elasticidade do bioconcreto com CA tratada mostrou comportamento semelhante ao concreto sem o bioagregado até os 90 dias de idade, e superior ao bioconcreto *in natura*, mostrando o efeito positivo do tratamento realizado.
- A superfície rugosa, porosa e tubular da casca de arroz contribuiu para uma melhor aderência do bioagregado à matriz cimentícia, que não teve comprometimento do desempenho mecânico, apesar de sua baixa rigidez. Ainda, a remoção de extrativos e o tratamento com hidróxido de cálcio melhorou esse comportamento.
- Este estudo permitiu verificar que o tratamento superficial da CA demons-

trou potencial para a modificação de rigidez do bioconcreto, contribuindo com o aumento do módulo de elasticidade, juntamente com ganhos na resistência à tração.

## AGRADECIMENTO

Este trabalho faz parte do projeto de P&D “Uso de bio-concretos e bio-MMFS de baixo impacto ambiental visando o aumento da eficiência energética de prédios públicos” - PD.0394-1719/2017, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela Eletrobras FURNAS e UFRJ. Os autores agradecem a Furnas, UFRJ e IMED pela infraestrutura, além do suporte no mestrado do primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

1. **Areia e brita**. São Paulo: Anepac, v. 76, dez. 2020.
2. GCCA. **GNR – GCCA in Numbers**. 2018. Disponível em: <https://gccassociation.org/sustainability-innovation/gnr-gcca-in-numbers/>. Acesso em: 17 abr. 2021.
3. FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. 2020. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>. Acesso em: 20 abr. 2021.
4. CHABANNES, M.; BÉNÉZET, J.; CLERC, L. Use of raw rice husk as natural aggregate in a lightweight insulating concrete: An innovative application. **Construction and Building Materials**, v. 70, p. 428-438, 27 ago. 2014.
5. BAKATOVICH, A.; DAVYDENKO, N.; GASPAR, F. Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste. **Energy & Buildings**, v. 180, p. 72-82, 26 set. 2018.
6. BURATTI, C.; BELLONI, E.; LASCARO, E. Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. **Construction and Building Materials**, v. 171, p. 338-349, 26 mar. 2018.
7. YUZER, N.; CINAR, Z.; AKOZ, F. Influence of raw rice husk addition on structure and properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 44, p. 54-62, 03 abr. 2013.
8. SISMAN, C. B.; GEZER, E.; KOCAMAN, I. Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm buildings. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 17, p.40-48, fev. 2011.
9. DIQUÉLOU, Y.; GOURLAY, E.; ARNAUD, L. Impact of hemp shiv on cement setting and hardening: Influence of the extracted components from the aggregates and study of the interfaces with the inorganic matrix. **Cement & Concrete Composites**, v. 55, p. 112-121, 20 set. 2014.
10. SANTOS, D. O. J. dos. **Desenvolvimento de painéis sanduíche leves com faces em compósitos cimentícios reforçados com fibras curtas de sisal e núcleo em bioconcreto de casca de arroz**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2020.
11. IWAKIRI, S.; SILVA, L. S. da; TRIANOSKI, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium Amazonicum* 303 “Paricá” e *Cecropia Hololeuca* “embaúba” para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, v. 18, p. 303-308, jun. 2012.
12. FERREIRA, R. S. **Effect of surface treatments on the structure, mechanical, durability and bond behavior of vegetable fibers for cementitious composites**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

13. PINTO, M. C. **Influência da temperatura e de tratamentos alcalinos na remoção dos extrativos da biomassa de madeira e seus efeitos na hidratação de pastas de cimento e de bioconcreto.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2019.
14. SOUZA, J. de. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz.** 2008. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.
15. HASPARYK, N. P.; SANCHEZ, L. F. M. SDT - Método de ensaio para a determinação do índice de dano de rigidez (SDI) e índice de deformação plástica (PDI) em concretos - **Instrução Técnica ITDSBE001.** 15p. Furnas, 2021.
16. GENIEVA, S. D.; TURMANOVA, S. C.; DIMITROVA, A. S. Characterization of rice husks and the products of its thermal degradation in air or nitrogen atmosphere. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 93, p. 387-396, 22 jul. 2008.
17. NOZAHIC, V.; AMZIANE, S. Influence of sunflower aggregates surface treatments on physical properties and adhesion with a mineral binder. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 43, p. 1837-1849, 30 jul. 2012.
18. PAKRAVAN, H. R.; JAMSHIDI, M.; JEDDI, A. A. Asgharian. Combination of ground rice husk and polyvinyl alcohol fiber in cementitious composite. **Journal of Environmental Management**, v. 2015, p.116-122, 19 mar. 2018.
19. WANG, R.; QIN, L.; GAO, X. Mechanical strength and water resistance of magnesium oxysulfate cement based lightweight materials. **Cement and Concrete Composites**, v. 109, p. 1-11, 06 fev. 2020.
20. ANDREOLA, V. M. **Caracterização física, mecânica e ambiental de bio-concretos de bambu.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.
21. LIU, J.; LI, F.; LIU, X. Experimental Study in the Modification of Mortar Samples with Incorporated Rice Husk. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 46, p.967-973, maio 2017.
22. CHABANNES, M.; BECQUART, F.; GARCIA-DIAZ, E. Experimental investigation of the shear behaviour of hemp and rice husk-based concretes using triaxial compression. **Construction and Building Materials**, v. 143, p.621-632, 27 mar. 2017.
23. PANTAWEE, S.; SINSIRI, T.; JATURAPITAKKUL, C. Utilization of hemp concrete using hemp shiv as coarse aggregate with aluminum sulfate  $[Al_2(SO_4)_3]$  and hydrated lime  $[Ca(OH)_2]$  treatment. **Construction and Building Materials**, v. 156, p. 435-442, 26 set. 2017.
24. SALAS, J.; ALVAREZ, M.; VERAS, J. Lightweight insulating concretes with rice husk. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 8, p. 171-180, ago. 1986.
25. CHABANNES, M.; GARCIA-DIAZ, E.; CLERC, L. Effect of curing conditions and  $Ca(OH)_2$ -treated aggregates on mechanical properties of rice husk and hemp concretes using a lime-based binder. **Construction and Building Materials**, v. 102, p. 821-833, 18 nov. 2015.





## Contatos

**Endereço:**

Av. Osvaldo Aranha, 99 - Prédio Castelinho, CEP:  
90035-190. Porto Alegre-RS.

**Telefone:**

(51) 3308-3518

**E-mail da comissão organizadora:**

enarc2021@gmail.com

**E-mail do comitê científico:**

enarc.ccientifico2021@gmail.com

**Site:**

<https://www.ufrgs.br/enarc2021>

**Instagram:**

<https://www.instagram.com/enarc2021/>

**Facebook:**

<https://www.facebook.com/enarc2021/>

