



# 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 Maurente 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)

Glaucinei 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>



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

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

LINHARES, BEATRIZ DIAS FERNANDES<sup>1</sup>; LEMOS, MÔNICA NUNES<sup>1</sup>; CORDEIRO, GUILHERME CHAGAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO  
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: GCC@UENF.BR

**RESUMO:** Este trabalho visa avaliar a eficácia do fracionamento densimétrico na produção de uma cinza do bagaço de cana-de-açúcar de elevada pozzolanicidade. Inicialmente, uma cinza rica em quartzo foi coletada em caldeira industrial e submetida ao fracionamento densimétrico para remoção do quartzo contaminante por meio de decantação. Em seguida, a parcela de cinza potencialmente pozzolânica foi cominuída mediante moagem ultrafina. As composições química e mineralógica obtidas foram adequadas a materiais pozzolânicos. Ensaios de condutividade elétrica, índice de desempenho e calorimetria isotérmica confirmaram a elevada reatividade da cinza produzida pelo método proposto em comparação com a cinza original.

**PALAVRAS-CHAVES:** Cinza do bagaço da cana-de-açúcar; Pozzolana; Fracionamento densimétrico; Moagem ultrafina; Atividade pozzolânica.

### PRODUCTION OF A HIGHLY POZZOLANIC SUGARCANE BAGASSE ASH VIA DENSIMETRIC SEPARATION AND ULTRIFINE GRINDING

**ABSTRACT:** This study aims to evaluate the effectiveness of densimetric separation in the production of a highly pozzolanic sugarcane bagasse ash. Initially, a quartz-rich ash was collected in industrial boilers and submitted to wet densimetric separation to remove most of the quartz contaminant by decantation. Then, the potentially pozzolanic ash was subjected to ultrafine grinding. Chemical and mineralogical compositions obtained were appropriate to pozzolanic materials. Electrical conductivity, mechanical performance index and isothermal calorimetry tests confirmed the highly reactive material produced by the proposed method in comparison with the original ash.

**KEYWORDS:** Sugarcane bagasse ash; Pozzolan; Densimetric separation; Ultrafine grinding; Pozzolan activity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisas têm sido desenvolvidas acerca da utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material suplementar cimentício<sup>(1-3)</sup>. Assim, estudos indicaram melhorias nas propriedades mecânicas<sup>(1,2,4)</sup>, reológicas<sup>(2)</sup> e de durabilidade<sup>(2,5)</sup> de concretos devido à atividade pozzolânica e ao efeito fíler da cinza<sup>(6)</sup>. Além disso, o emprego da cinza em substituição ao cimento conjuga dois importantes benefícios ambientais, que são a destinação correta para uma cinza silicosa e a redução na emissão de gases intensificadores de efeito estufa<sup>(7)</sup> gerados durante a produção de

cimento Portland.

Apesar dos benefícios promovidos pela cinza e sua grande disponibilidade no mundo, alguns fatores precisam ser verificados antes do seu emprego como adição mineral. Uma vez que a queima do bagaço ocorre de forma não controlada nas caldeiras, a cinza pode apresentar composição química e tamanho de partícula variados<sup>(8)</sup>. Além disso, é recorrente a presença de contaminantes, geralmente oriundos do solo ou de fertilizantes, sendo quartzo o mais comum para este tipo de material<sup>(6,8)</sup>. Diante disso, procedimentos como moagem, queima controlada e lixiviação ácida têm sido empregados com o objetivo de aumentar a uniformidade e a concentração de sílica amorfa na cinza<sup>(6,8,9)</sup>. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência do fracionamento densimétrico e da moagem ultrafina na reatividade da cinza do bagaço de cana-de-açúcar.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Produção e caracterização das cinzas do bagaço

A cinza do bagaço foi coletada em uma usina localizada na cidade de Campos do Goytacazes/RJ. A cinza original (*in natura*) foi submetida ao processo de fracionamento densimétrico com o objetivo de separar do quartzo, por meio da diferença de densidade, a fração de cinza potencialmente pozolânica. Este método foi adaptado de Andreão *et al.*<sup>(10)</sup>. A primeira etapa do fracionamento consistiu em imergir 2 L de cinza em 15 L de água, seguido de agitação manual da dispersão por 1 min. Após 3 min de repouso, 10 L da dispersão foram retirados e colocados em repouso por 72 h com objetivo de promover a decantação da parcela sólida. Após esse período, o volume de água em excesso foi retirado por sifonamento e a cinza decantada foi seca em estufa a 100 °C por 24 h. A amostra de cinza dispersa gerada pelo fracionamento densimétrico foi denominada CBCA-D, com rendimento de cerca de 8%.

Na sequência, a cinza original e uma parcela da cinza dispersa foram cominuídas em um moinho atritor (Union Process) por 2 h e 1 h, respectivamente. Os tempos de moagem foram ajustados para a obtenção de curvas granulométricas similares, com tamanho característico  $D_{50}$  inferior a 10  $\mu\text{m}$ <sup>(8)</sup>. Após a moagem, as cinzas original e dispersa moídas foram nomeadas CBCA-OM e CBCA-DM, respectivamente.

A composição de óxidos das cinzas foi obtida por análise semi-quantitativa em espectrômetro de fluorescência de raios X (Shimadzu EDX-720). A perda ao fogo e a massa específica foram obtidas de acordo com a NBR NM 18<sup>(11)</sup> e a NBR 16605<sup>(12)</sup>, respectivamente. A distribuição do tamanho de partícula das amostras foi determinada por granulometria a laser (Malvern Mastersizer 2000). Ensaios de difratometria de raios X (equipamento Rigaku Miniflex 600) foram realizados com radiação de Cu- $\alpha$  no intervalo  $2\theta$  entre 8 e 70°, tensão de 40 kV, corrente de 15 mA, passo de 0,02° e velocidade angular de 5°/min para determinação da mineralogia das cinzas. Análises quantitativas foram realizadas por refinamento de Rietveld<sup>(12)</sup> para quantificação das fases constituintes.

A atividade pozolânica das cinzas foi avaliada pelo método de condutividade elétrica proposto por Luxán *et al.*<sup>(14)</sup>. A variação da condutividade foi monitorada durante 20 min com uso de condutímetro Alfakit AT 230. A pozolanicidade também



foi analisada através de índice de desempenho<sup>(15)</sup>. Para o ajuste da consistência das argamassas, neste caso, teores específicos de aditivo superplastificante (éter carboxílico modificado com massa específica de 1,12 g/cm<sup>3</sup> e teor de sólido de 28,9%) foram utilizados. O ensaio de compressão axial foi realizado em uma máquina universal de ensaios Shimadzu UHI-500kNI, com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min.

## 2.2 Ensaio de calorimetria isotérmica

A hidratação de pastas cimentícias contendo as cinzas produzidas foi avaliada por meio do ensaio de calorimetria isotérmica (calorímetro Calmetrix I-CAL 2000) por 72 h a 25 ± 0,1 °C. Neste caso, pastas com 20% de substituição em massa do cimento Portland por cada tipo de adição (P-X, sendo X o tipo de cinza) foram confeccionadas, além de uma pasta de referência (P-REF) produzida sem o uso de adição mineral. Um cimento sem adição mineral (CPP classe G<sup>(16)</sup>) foi utilizado para a produção das pastas com relação água-material cimentício igual a 0,4 e teor de superplastificante igual a 0,03%. A mistura das pastas foi feita em misturador Hamilton Beach por 2 min a 600 rpm.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a composição de óxidos e os valores de perda ao fogo das cinzas produzidas. As amostras, como esperado, possuem altos teores de sílica (SiO<sub>2</sub>) - superiores a 50% em todas as cinzas. O fracionamento densimétrico promove mudanças na composição da cinza, com destaque para a redução do teor de SiO<sub>2</sub> pela remoção de boa parte do quartzo presente na cinza original. Além disso, a CBCA-D também apresenta aumento nos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devido a uma maior concentração desses compostos na cinza dispersa. No que se refere à perda ao fogo, as cinzas apresentam valores inferiores ao teor máximo de 6% estabelecido na NBR 12653<sup>(17)</sup>. A alta concentração de matéria orgânica é indesejável em cinzas pozolânicas uma vez que diminui a concentração de sílica amorfa e, conseqüentemente, a atividade pozolânica da cinza<sup>(8)</sup>. Além disso, cinzas com elevada perda ao fogo promovem aumento nos tempos de pega de sistemas cimentícios<sup>(18)</sup>.

Cinza	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	PF*
CBCA-OM	68,4	14,3	7,4	3,0	2,1	–	1,6	1,3	0,1	1,7
CBCA-D / CBCA-DM	54,5	22,3	6,6	5,0	3,4	1,6	1,2	1,2	0,2	4,1

\* PF - perda ao fogo.

Tabela 1 – Composição de óxidos e perda ao fogo das cinzas (%)

Os difratogramas de raios X das cinzas estão indicados na Figura 1a e apontam a presença de quartzo tanto na CBCA-OM quanto na CBCA-D. A contaminação por quartzo é recorrente em cinzas do bagaço e tem sua origem associada à parcela de areia aderida à cana-de-açúcar durante sua colheita e operações de limpeza das caldeiras<sup>(8)</sup>. O difratograma da CBCA-D apresenta um halo de amorfismo entre os

ângulos  $2\theta$  iguais a  $20$  e  $30^\circ$  (detalhe na Figura 1a), o que indica a presença de sílica amorfa. A Tabela 2 mostra a quantificação das fases cristalinas das cinzas obtida por refinamento de Rietveld e confirma a presença predominante de quartzo na CBCA-OM. A CBCA-D, por sua vez, apresenta maior concentração de fase amorfa (94,8%) em comparação com a cinza original (40,3%). Para a CBCA-D, observa-se ainda uma redução expressiva do teor de quartzo, sendo 59,7% para a CBCA-OM e apenas 5,2% para a CBCA-D. Esses resultados são positivos e confirmam a eficácia do processo de fracionamento densimétrico para concentrar a parcela amorfa da cinza e reduzir a sua contaminação por quartzo. Resultados similares foram obtidos por Andreão *et al.*<sup>(10)</sup>, que desenvolveram um processo de separação densimétrica com a retirada da parcela mais reativa por peneiramento.

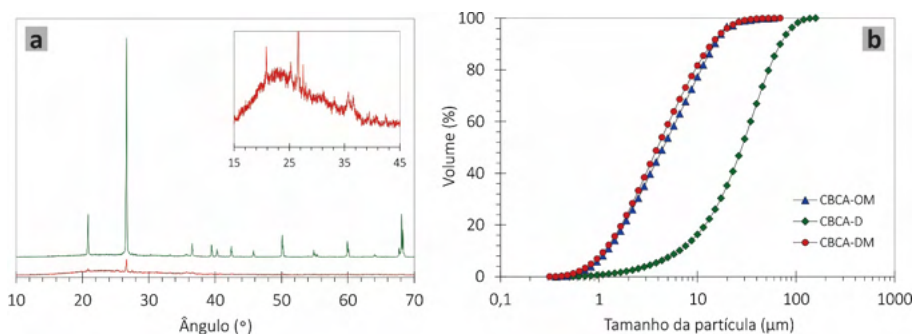


Figura 1 – Difratomogramas de raios X (a) e curvas granulométricas (b) das cinzas. Os picos nos difratogramas de CBCA-OM (verde) e CBCA-DM (vermelho) se referem ao quartzo (ficha ICDD #01-083-0539)

Cinza	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{50}$ (μm)	ID (%)	Quantificação (%)	
				Quartzo	Amorfos
CBCA-OM	2,56	3,93	110	59,7	40,3
CBCA-D	2,32	28,20	126	5,2	94,8
CBCA-DM	2,32	3,85	132	5,2	94,8

Tabela 2 – Principais parâmetros físicos e quantificação das fases das cinzas

A Figura 1b apresenta a distribuição granulométrica das cinzas e a comparação entre as curvas indica que as cinzas moídas (CBCA-OM e CBCA-DM) apresentam granulometrias similares, com valores de  $D_{50}$  inferiores a  $10 \mu\text{m}$  (Tabela 2). A cinza não moída (CBCA-D) apresentou, como esperado, granulometria grosseira, com um  $D_{50}$  igual a  $28,20 \mu\text{m}$ . A homogeneização e redução das partículas é um procedimento importante para garantir reatividade das cinzas, uma vez que a atividade pozolânica é potencializada pelo aumento da superfície específica associada à redução do tamanho de partícula<sup>(6,8,19)</sup>.

Os valores de massa específica estão indicados na Tabela 2, sendo iguais a

2,32 g/cm<sup>3</sup> para as amostras CBCA-D e CBCA-DM, e 2,56 g/cm<sup>3</sup> para a CBCA-OM. De forma geral, cinzas que contém ferro e quartzo tendem a ter maiores valores de massa específica, enquanto materiais predominantemente formados por sílica amorfa e com poucas impurezas apresentam menores valores de massa específica. Dessa forma, os valores encontrados estão coerentes com a composição química e mineralógica das cinzas, pois o menor valor de massa específica da cinza dispersa pode ser atribuído à concentração de sílica amorfa e redução de quartzo.

Os resultados de condutividade elétrica estão indicados na Figura 2. As curvas mostram de forma evidente os diferentes comportamentos das três cinzas investigadas. De acordo com a classificação proposta por Luxán *et al.*<sup>(14)</sup>, baseada na variação da condutividade aos 2 min, as amostras CBCA-DM e CBCA-D podem ser classificadas como materiais de boa pozolanicidade, com variações de 1,51 mS/cm e 1,34 mS/cm, respectivamente. O melhor resultado da CBCA-DM, em relação a CBCA-D, se deve à moagem ultrafina, tendo em vista o menor tamanho de partícula da amostra dispersa e moída, que promove aumento da superfície específica do material e, conseqüentemente, maior solubilidade da sílica amorfa<sup>(19)</sup>. A CBCA-OM apresenta variação de 0,46 mS/cm, sendo classificada como cinza de média pozolanicidade. Posto que a CBCA-OM e a CBCA-DM apresentam granulometrias similares, a variação mais pronunciada na condutividade da CBCA-DM pode ser atribuída à menor presença de quartzo em sua composição. Os resultados obtidos evidenciam a influência do fracionamento densimétrico na atividade pozolânica das amostras, considerando a maior reatividade das cinzas oriundas do pré-tratamento em comparação com a cinza que foi submetida apenas à moagem.

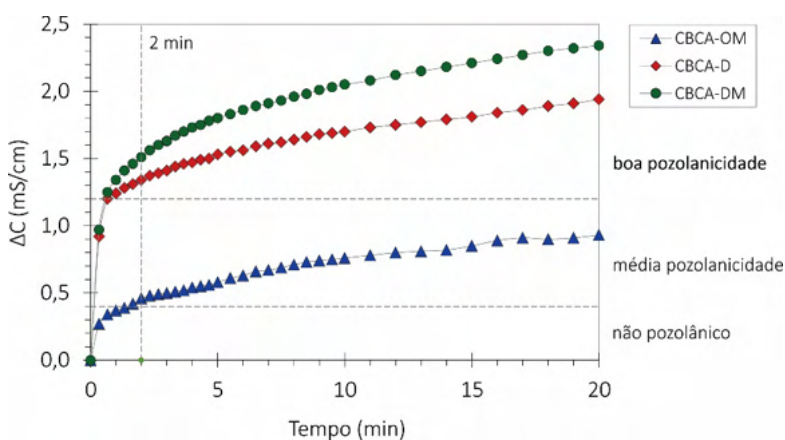


Figura 2 – Variação da condutividade elétrica ( $\Delta C$ ) durante 20 minutos

Os valores de índice de desempenho estão também indicados na Tabela 2. O caráter pozolânico das amostras foi confirmado pelos resultados superiores aos 90% mínimos estabelecidos pela NBR 12653<sup>(17)</sup>. A CBCA-DM tem o melhor desempenho dentre as cinzas estudadas, seguida da CBCA-D, com índices de 132% e 126%, respectivamente. A CBCA-OM apresenta um resultado inferior, com ID de 110%, que pode ser atribuído à contaminação por quartzo. É importante enfatizar que o índice de desempenho é influenciado pelos efeitos físicos e químicos das cinzas<sup>(6,19)</sup>. Os resultados

obtidos foram superiores aos encontrados em estudos anteriores para esse tipo de material<sup>(9)</sup>, e corroboram os resultados de condutividade elétrica, o que confirma os efeitos pozolânicos específicos desenvolvidos por cada cinza.

A Figura 3a mostra as curvas de fluxo de calor de hidratação das pastas. A mistura P-CBCA-OM não apresenta diferença significativa em relação à P-REF nas 6 h iniciais de hidratação. A baixa reatividade da CBCA-OM mantém o tempo de início do período de aceleração. Esse comportamento é típico de cinzas do bagaço com altos teores de quartzo<sup>(8,19)</sup>. Para as pastas com cinzas dispersas, há uma sensível aceleração da hidratação, que está associada à elevada finura das cinzas produzidas por fracionamento densimétrico<sup>(8)</sup>. O pico associado à hidratação do  $C_3A$  é mais pronunciado nas pastas com as cinzas devido à presença expressiva de  $Al_2O_3$  nas amostras<sup>(8)</sup>. As curvas referentes ao calor liberado pelas pastas são apresentadas na Figura 3b. Durante as primeiras horas de hidratação, observa-se que as misturas P-CBCA-DM e P-CBCA-D liberam mais calor que a P-REF. Esse aumento é consequência da atividade pozolânica e da nucleação heterogênea promovidas pelas cinzas. Além disso, o elevado teor de  $Al_2O_3$  presente na composição das cinzas também contribui para o aumento do calor de hidratação das duas pastas. Ao final das 72 h, todas as pastas com cinza apresentam valores máximos de energia liberada inferiores ao da P-REF. Considerando que a CBCA-OM é a menos reativa dentre as cinzas estudadas, é coerente que seu processo de hidratação desenvolva menos calor acumulado.

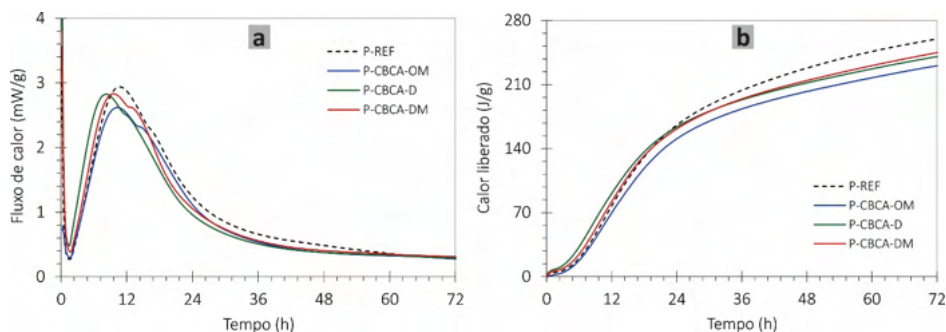


Figura 3 – Curvas de fluxo de calor (a) e calor liberado (b) das pastas cimentícias, calculadas em função da massa de material cimentício

#### 4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o fracionamento densimétrico atingiu o objetivo de separar a fração reativa da cinza de grande parte do quartzo contaminante. A amostra CBCA-DM apresentou maior reatividade dentre as cinzas avaliadas em decorrência de sua granulometria ultrafina, presença elevada de fases amorfas ( $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ ) e baixa contaminação por quartzo. Além disso, a adição das diferentes cinzas provocou redução no calor de hidratação liberado pelas pastas, embora as cinzas dispersas causaram uma sensível aceleração nas primeiras horas de hidratação. Pela comparação entre CBCA-D e CBCA-DM é possível concluir que o fracionamento densimétrico foi mais relevante para a reatividade das cinzas que a

moagem ultrafina, uma vez que a redução expressiva no tamanho das partículas não acarretou aumento proporcional de atividade pozolânica. Este comportamento é interessante economicamente para a produção de CBCA em larga escala, tendo em vista que a moagem requer maior consumo de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

1. GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. Evaluation of bagasse ash as cementitious material. **Cement and Concrete Composites**, v. 29, n. 6, p. 515-524, 2007.
2. CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Use of ultra-fine sugar cane bagasse ash as mineral admixture for concrete. **ACI Materials Journal**, v. 105, n. 5, p. 487-493, 2008.
3. MINNU, S. N.; BAHURUDEEN, A.; ATHIRA, G. Comparison of sugarcane bagasse ash with fly ash and slag: An approach towards industrial acceptance of sugar industry waste in cleaner production of cement. **Journal of Cleaner Production**, v. 285, 124836, 2021.
4. CORDEIRO, G. C.; PAIVA, O. A.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R.; TAVARES, L. M. Long-term compressive behavior of concretes with sugarcane bagasse ash as a supplementary cementitious material. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 46, n. 2, p. 564-573, 2018.
5. CHUSILP, N.; JATURAPITAKKUL, C.; KIATTIKOMOL, K. Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 11, p. 3352-3358, 2009.
6. CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; TAVARES, L. M.; FAIRBAIRN, E. M. R. Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. **Cement and Concrete Composites**, v. 30, n. 5, p. 410-418, 2008.
7. FAIRBAIRN, E. M. R.; AMERICANO, B. B.; CORDEIRO, G. C.; PAULA, T. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; SILVOSO, M. M. Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO<sub>2</sub> emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 9, p. 1864-1871, 2010.
8. BARBOSA, F. L.; CORDEIRO, G. C. Partial replacement by different sugar cane bagasse ashes: hydration-related, compressive strength and autogenous shrinkage. **Construction and Building Materials**, v. 272, p. 121625, 2021.
9. CORDEIRO, G. C.; LEMOS, M. N.; XAVIER, K. V.; LIMA, C. P. F. de. Production of agroindustrial ashes with pozzolanic activity via acid leaching, conjugated burning and ultrafine grinding. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 4, p. 189-203, 2020.
10. ANDREÃO, P. V.; SULEIMAN, A. R.; CORDEIRO, G. C.; NEHDI, M. L. Sustainable use of sugarcane bagasse ash in cement-based materials. **Green Materials**, v. 7, p. 61-70, 2019.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 18**: Cimento Portland - Análise química - Determinação de perda ao fogo. Rio de Janeiro, 2012.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
13. LIU, H.; KUO, C. Quantitative multiphase determination using the Rietveld method with high accuracy. **Materials Letters**, v. 26, p. 171-175, 1996.
14. LUXÁN, M. P.; MADRUGA, F.; SAAVEDRA, J. Rapid evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement. **Cement and Concrete Research**, v. 19, n. 1, p. 63-68, 1989.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.
16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9831**: Cimento Portland para poços petrolíferos - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, 2015.
18. CORDEIRO, G. C.; BARROSO, T. R.; TOLEDO FILHO, R. D. Enhancement the properties of sugar cane bagasse ash with high carbon content by a controlled re-calcination process. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 22, p. 1250-1257, 2018.
19. CORDEIRO, G. C.; KURTIS, K, E. Effect of mechanical processing on sugar cane bagasse ash pozzolanicity. **Cement and Concrete Research**, v. 97, p. 41-49, 2017.



## 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/>

