



**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 Cremona

**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-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

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

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

**Conselho Editorial****Ciências 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, Gislaine	
 <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>	

**CAPÍTULO 23.....173**

COMPÓSITO CIMENTÍCIO COM GRÃOS DE POLIPROPILENO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E À FLEXÃO

COELHO, Rivaldo Teodoro; DUCATTI, Vitor Antonio; SALADO, Gerusa de Cássia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081123>

**CAPÍTULO 24.....180**

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

AMANTINO, Guilherme; TIECHER, Francieli; HASPARYK, Nicole; TOLEDO, Romildo

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

**CAPÍTULO 25.....187**

ANÁLISE DA DURABILIDADE DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA EM DIFERENTES FATORES ÁGUA CIMENTO

ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081125>

**CAPÍTULO 26.....195**

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA COM FIXAÇÃO DA TRABALHABILIDADE PELO USO DE ADITIVOS PLASTIFICANTE

ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081126>

**CAPÍTULO 27.....202**

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA NA PAVIMENTAÇÃO

SANTOS, Marianny Viana dos; SOUZA, Wana Maria de; RIBEIRO, Antonio Junior Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127>

**CAPÍTULO 28.....208**

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

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081128>

## 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>



## VALORIZAÇÃO DO CAULIM FLINT COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR (MCS)

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

MEDEIROS; MATHEUS HENRIQUE GOMES DE<sup>1</sup>; MATOS; SAMILE RAIZA CARVALHO<sup>2</sup>; DESSUY; THAINÁ YASMIN<sup>1</sup>; MASUERO; ANGELA BORGES<sup>1</sup>; DAL MOLIN; DENISE CARPENA COITINHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS);

<sup>2</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA).

E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: MATHEUS96H@GMAIL.COM

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é verificar o potencial de utilização do resíduo gerado pela indústria papelreira durante a extração do caulim convencional, caulim flint (CF), como MCS. Para isso, o resíduo foi submetido a moagem e diferentes temperaturas de calcinação a fim de aumentar a sua reatividade. A influência destes tratamentos foi verificada de forma indireta por ensaios de caracterização físicos (Granulometria e área superficial B.E.T) e mineralógicos (DRX). Foram realizados ensaios de calorimetria isotérmica e de resistência à compressão aos 7 e 28 dias. A partir dos resultados obtidos, notou-se que o CF tem potencial de uso como MCS.

**PALAVRAS-CHAVES:** Resíduo, MCS, Argila calcinada.

**ABSTRACT:** The objective of this work is to verify the potential use of the residue generated by the paper industry during the extraction of conventional kaolin, flint kaolin (FC), as SCMs. For this, the residue was submitted to different thermal and physical treatments in order to increase its reactivity. The influence of these treatments was indirectly verified by physical (Granulometry and surface area B.E.T) and mineralogical (XRD) characterization tests. Isothermal calorimetry and compressive strength tests were performed at 7 and 28 days. From the results obtained, it was noted that the CF has potential for use as SCM.

**KEYWORDS:** Waste, SCM, calcined clay.

### 1 | INTRODUÇÃO

O uso de MCS em substituição ao cimento Portland representa uma alternativa ambiental promissora para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> associada à indústria de cimento<sup>(1)</sup>. A viabilidade de algumas adições amplamente utilizadas depende da disponibilidade local e neste aspecto as argilas ganham vantagem por estarem disponíveis em abundância<sup>(2)</sup>. Portanto, o aumento significativo na demanda por cimento e a necessidade de reduzir ainda mais o fator clínquer fazem com que as argilas calcinadas, a temperaturas que variam entre 600°C e 850°C, sejam cada vez mais uma alternativa de uso como MCS<sup>(3)</sup>.

O caulim é composto por materiais argilosos, proveniente de rocha com granulometria fina, de coloração branca<sup>(4)</sup>. A região do Rio Capim, no estado do Pará,

é conhecida pelas reservas de caulim destinado para a indústria papelreira com função de cobertura<sup>(5)</sup>. O caulim utilizado pela indústria do papel, caulim *soft*, é extraído de uma profundidade de 20 metros, aproximadamente. Sobre esta camada há o caulim duro ou *Flint* (CF), composto por argilo-arenosos com altos teores de ferro, em torno de 10%, fato que inviabiliza sua aplicação na indústria<sup>(6)</sup>. No entanto, o CF é geralmente constituído por argilomineral caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ), o que o torna fonte de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ <sup>(7)</sup>. Assim, o CF possui potencial de uso na indústria cimenteira, como substituinte parcial do cimento<sup>(5)</sup>. Sendo assim, o presente estudo analisa o uso potencial do CF calcinado a diferentes temperaturas como MCS.

## 2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

Para este trabalho foi utilizado o cimento CPIIF-32, agregado miúdo conforme a norma NBR 7215<sup>(8)</sup>, aditivo superplastificante Tec-Flow 8000 (1,1 g/cm<sup>3</sup>) e o CF como fonte de argilomineral.

O CF foi beneficiado por meio do quarteamento, sendo desagregado manualmente em um almofariz, até  $\phi < 2,4$  mm, com o intuito de aumentar a superfície específica e maior homogeneidade na calcinação. Posteriormente, o resíduo foi submetido a calcinação em 3 diferentes temperaturas, variando a temperatura de queima em 650°C, 750°C e 850°C com patamar de 1 hora e taxa de 10°C/min, em forno mufla (Sanchez – Modelo DTT). O CF foi resfriado bruscamente para conferir maior amorficidade ao material. Os materiais calcinados foram submetidos a um tratamento físico em moinho pulverizador HSM 100 por 15 minutos para reduzir a granulometria, aumentando a sua superfície específica e, conseqüentemente, a reatividade.

### 2.2 Métodos

Para analisar a reatividade do CF foram realizadas análises mineralógicas, físicas, índice de pozolanicidade e ensaio de calorimetria.

A análise mineralógica por difração de raio X (DRX) foi realizada com intuito de avaliar a amorficidade do material, utilizando o equipamento Bruker D8 Advance, com filtro de Ni, passo de 0,02°, intervalo 2 $\theta$  de 5° a 70° (0,72°/min), da Universidade Federal de Santa Maria. Foi utilizado o *software* High Score Plus e o bancos de dados cristalográficos Powder Diffraction File (PDF) para identificação das fases cristalinas.

A granulometria foi realizada no granulômetro Particle Size Analyser, CILAS 1180 Liquid, utilizado água como meio dispersante e aplicando ultrassom 38 kHz/min. Para análise de área superficial, utilizou-se o ensaio de B.E.T. em equipamento NOVA Station A, à vácuo e na temperatura de 300°C por 5 horas, com nitrogênio como adsorvato.

Para avaliar a reatividade do CF, foi realizado o ensaio de índice de pozolanicidade, por meio do ensaio de resistência à compressão aos 7 e 28 dias, NBR 7215<sup>(8)</sup>, em Máquina Universal EMIC (DL 20000), em argamassa com a/c 0,48 e aditivo superplastificante até consistência  $\pm 10$ mm, conforme na NBR 5752<sup>(9)</sup>. Por fim, foi efetuada a análise de calorimetria isotérmica por 70 horas a  $25 \pm 0,01^\circ C$ , em microcalorímetro isotérmico TA *instruments* modelo TAMAir. A mistura foi feita em misturador externo, com rotação de

10 mil rpm, substituindo 25% do cimento, em massa, por CF. O procedimento de ensaio seguiu a ASTM C 1679-17<sup>(10)</sup>.

### 3 | RESULTADOS

#### 3.1 Análise mineralógica e física do CF

As análises de DRX do CF natural e dos submetidos à calcinação de 650°C (CF 650°C), 750°C (CF 750°C) e 850°C (CF 850°C) são apresentadas na Figura 1. O difratograma do CF natural é típico de um material com predominância de fases cristalinas, nele foi identificada a presença de caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) e quartzo ( $SiO_2$ ). Já nos difratogramas do CF após a calcinação, identificam-se apenas picos correspondentes ao quartzo, o que indica que as calcinações foram efetivas para promover a desidroxilação da caulinita, conferindo uma possível reatividade à amostra por conta do alto grau amorficidade<sup>(11)</sup>. Sendo assim, após a calcinação proposta, as amostras têm potencial para serem utilizadas como MCS.

O difratograma da amostra calcinada na temperatura de 650°C apresentou um pico de menor intensidade em  $2\theta = 13^\circ$ , referente à caulinita cristalina, e alo amorfo indicando que esta temperatura já foi suficiente para reduzir a cristalinidade da amostra. Na temperatura de 850°C, foi observado pico referente à caulinita em  $2\theta = 35,5^\circ$ , que pode estar relacionado a um processo de recristalização<sup>(12)</sup>. Com relação a temperatura de 750°C não foram observados picos nesses graus  $2\theta$  identificados nas demais amostras. Deste ensaio, nota-se que todas as temperaturas de calcinação foram suficientes para reduzir a cristalinidade do material.

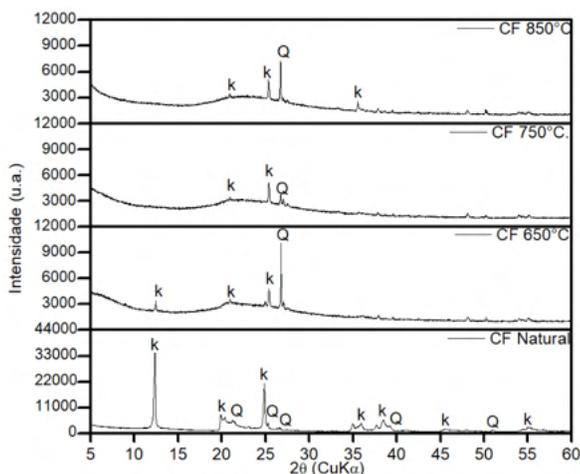


Figura 1 – Difratogramas do CF natural e com as calcinações em 650°C, 750°C e 850°C (5 a 65°): k: Caulinita: PDF 01-078-2109 e Q:Quartzo: PDF 01-083-0539. Análise com Filtro de Ni, passo 0,02°, 0,72°/min.

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 1 traz os resultados das análises de granulometria a laser e área específica por B.E.T do cimento utilizado e do CF após as calcinações em três diferentes temperaturas e moagem.

Material	Tempo de moagem (min)	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	Dm (μm)	Área específica BET (m <sup>2</sup> /g)
CP-II-F	-	0,34	-	35,78	12,84	5,786
CF 650°C	15	5,66	110,22	359,21	149,01	13,183
CF 750°C	15	5,65	105,36	355,54	145,76	13,208
CF 850°C	15	5,46	114,68	367,82	153,83	13,947

Tabela 1 – Características físicas.

Todas as amostras de CF calcinadas possuem diâmetro médio superiores ao do cimento utilizado e ao estabelecido pela NBR 12653<sup>(9)</sup> (Tabela 1). Apesar disso, apresentam área superficial superior à do cimento, 13,45 m<sup>2</sup>/g, mesmo tendo partículas maiores. A área superficial observada é próxima á identificada em outros estudos com CF<sup>(13)</sup>. De modo geral, nota-se que as diferentes temparturas de calcinação não tiveram grande influência nas propriedades físicas dos materiais.

### 3.2 Influência da argila na matriz cimentícia

A análise da influência das temperaturas de calcinação do CF nas reações de hidratação é mostrada nas figuras 2a e 2b através das curvas de calorimetria e os principais eventos térmicos observados estão resumidos na Tabela 2.

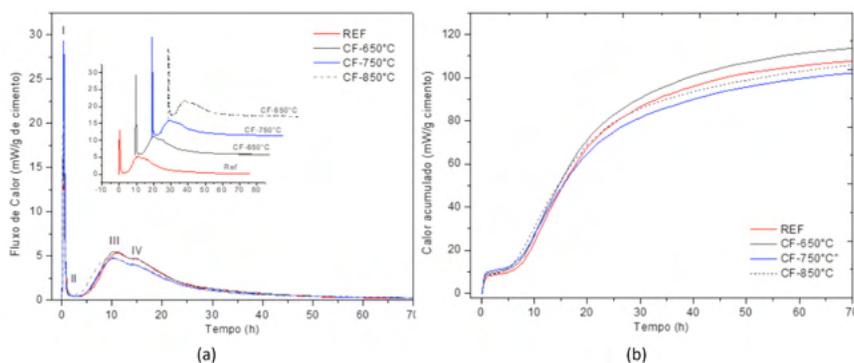


Figura 2 – Curva de calorimetria isotérmica das pastas de cimentos REF, CF-650°C, CF-750°C e CF-850°C, normalizados pela massa do cimento. (a): Dissolução; II: Indução; III: Aceleração; IV: Depleção de Sulfatos. (b) Calor acumulado (J/g) em 70 horas.

Fonte: Autoria Própria.

Evento	REF	CF - 650°C	CF - 750°C	CF - 850°C
Tempo de pega (horas)	7,29	6,90	6,99	6,46
Tempo de indução (horas)	2,55	2,47	2,10	1,72
Calor acumulado (mW/g)	107,70	113,55	102,18	105,84

Tabela 2 – Quadro resumo dos parâmetros obtidos por calorimetria isotérmica utilizando a C1679 – 17<sup>(10)</sup>.

Independente da temperatura de calcinação, o CF na matriz cimentícia favoreceu a dissolução das fases anidras nas primeiras horas, resultando no aumento do pico de dissolução das fases aluminatos (I) <sup>(14)</sup>, conforme Figura 2a. Além disso, para as amostras CF-650°C, CF-750°C e CF-850° houve uma redução de aproximadamente 5, 27 e 50 minutos no período de indução (II), respectivamente (Tabela 2). Isto pode estar associado ao efeito filer do resíduo que antecipa a retomada das reações, devido principalmente à nucleação heterogênea de silicatos (III) <sup>(11)</sup>, de acordo com a Figura 2a e a Tabela 2. Nota-se também que a presença do CF não influenciou no teor ótimo de sulfatos, uma vez que não houve alteração no pico de depleção de sulfatos (IV) que se manteve após a o pico de silicatos (III), segundo a Figura 2a.

Observa-se que o CF, independente da temperatura de calcinação, reduziu o tempo de pega das pastas em até 50 minutos, confirmando o efeito filer que acelera as reações de hidratação, sendo o CF-850°C o que mais acelerou este tempo (Tabela 2). Conforme a figura 2b e tabela 2, nota-se que a CF-650°C foi a que apresentou maior calor acumulado a 70 horas, seguido da REF, CF-850°C e da CF-750°C.

A Figura 3 apresenta os resultados de resistência à compressão aos 7 e 28 dias e o índice de atividade pozolânica (IAP).

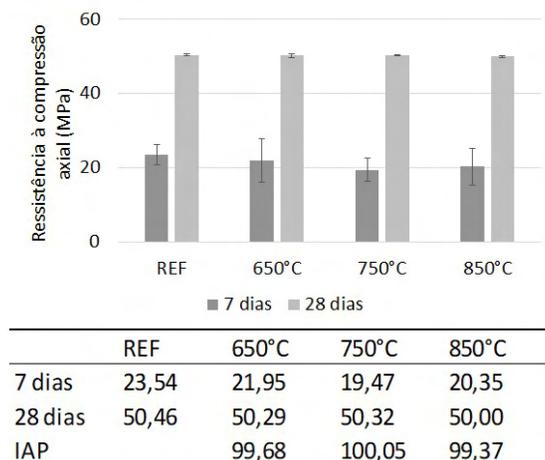


Figura 3 – Resistência à compressão aos 7 e 28 dias.

Fonte: Autoria Própria.

Os resultados apresentados na figura 3 mostram que o aumento da temperatura não implicou em diferença significativa na resistência à compressão nas idades avaliadas. Para as três temperaturas de calcinação analisadas, as amostras se comportam de forma semelhante à família controle (REF). Aos 7 dias, observa-se que a CF-650°C apresentou a maior resistência a compressão (86% da REF), seguida das argamassas CF-850°C e CF-750°C, que atingiram 85% e 80%, respectivamente. Este comportamento é compatível com os resultados de calor acumulado observado na Tabela 2, uma vez que o calor acumulado está relacionado à maior hidratação da matriz, logo maiores teores de produtos hidratados, dentre eles o C-S-H, principal responsável por conferir resistência à matriz. Apesar da redução de 25% no teor de cimento, não houve uma perda proporcional na resistência à compressão das amostras aos 7 dias, indicando um possível efeito filler do CF. Nesta idade, este ganho compensatório de resistência não pode ser associado à ação pozolânica, pois esta ocorre em maiores idades devido ao maior teor de portlandita na matriz cimentícia que confere a alcalinidade necessária para que ocorra a reação.

Aos 28 dias, as argamassas com CF atingiram resistências semelhantes, independente da temperatura de calcinação. Analisando o critério de atividade pozolânica da norma (IAP), todas as amostras com CF tiveram índices superiores a 90%, confirmando o efeito pozolânico do material <sup>(9,11,15)</sup>. Com relação à referência, nota-se que a substituição do cimento por CF não comprometeu a resistência à compressão, visto que todas as amostras apresentaram IAP em torno de 100%.

Sendo assim, nota-se que o CF tem um potencial para ser utilizado como material cimentício suplementar, pois mesmo com granulometria superior à do cimento utilizado, as argamassas com CF e com menor teor de cimento atingiram resistências semelhantes à da argamassa de referência nas primeiras idades. Portanto, a redução do tamanho das partículas poderá melhorar o desempenho deste material.

## 4 | CONCLUSÕES

A partir deste estudo foi possível concluir que:

- As temperaturas de calcinação do CF avaliadas foram eficientes para promover a desidroxilação e amorfização da caulinita, tornando-a potencialmente reativa;
- A calcinação tem pouca influência no diâmetro médio e na área superficial das partículas, vale ressaltar que o CF apresentou granulometria e área superficial superiores às do cimento utilizado;
- O CF tem potencial para ser utilizado como MCS por conta do efeito filler observado pela aceleração das reações de hidratação e da manutenção da resistência aos 7 dias;
- Aos 28 dias o CF apresentou IAP próximo de 100%, independente da temperatura de calcinação, demonstrando que além do efeito filler o material apresenta pozolanicidade;
- Com relação as temperaturas, a de 650°C foi a mais eficiente, pois conferiu maior calor acumulado e resistência a 7 dias com menor gasto energético.

## REFERÊNCIAS

1. JUENGER, M. C. G.; SIDDIQUE, R. Recent advances in understanding the role of supplementary cementitious materials in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 78, p. 71–80, 2015.
2. MARTIRENA, Fernando; FAVIER, Aurélie; SCRIVENER, Karen (Ed.). **Calcined Clays for Sustainable Concrete: Proceedings of the 2nd International Conference on Calcined Clays for Sustainable Concrete**. Springer, 2017.
3. LEMMA, Roxana; IRASSAR, Edgardo F.; RAHHAL, Viviana. Calcined illitic clays as Portland cement replacements. In: **Calcined Clays for Sustainable Concrete**. Springer, Dordrecht, 2015. p. 269-276.
4. LUZ, A. B.; CAMPOS, A. R.; CARVALHO, E. A.; BERTOLINO, L. C. Caulim -Usos e Especificações. In: **Rochas e Minerais Industriais**. 1.ed, cap. 11. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2005. p. 237-255.
5. PÖLLMANN, H., COSTA, M. L., ANGÉLICA, R. Sustainable Secondary Resources from Brazilian Kaolin Deposits for the Production of Calcined Clays. **Calcined Clays for Sustainable Concrete. Rilem bookseries, Karen Scrivener and Aurélie Favier Editors**, v.10, p. 21-26, 2015.
6. CARNEIRO, B. S., ANGELA, R. S., SCHELLER, T., CASTRO, E. A. S. De, NEVES, R. F. Caracterização mineralógica e geoquímica e estudo das transformações de fase do caulim duro da região do Rio Capim, Pará. **Cerâmica**, 2003, vol.49, n.312, pp.237-244.
7. MAIA, A. A. B., SALDANHA, E., ANGÉLICA, R. S., SOUZA, C. A., NEVES, R. F. Utilização de rejeito de caulim da Amazônia na síntese da zeólita A. **Cerâmica**, 53: 319-324, 2007.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215** Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2019.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752** Materiais Pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2015.
10. **ASTM C1679-17**, Standard Practice for Measuring Hydration Kinetics of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Isothermal Calorimetry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
11. SHUI, K.; YUAN, K.; SUN, T.; LI, Q.; ZENG, W. **Calcined Clays for Sustainable Concrete: Proceedings of the 1st International Conference on Calcined Clays for Sustainable Concrete**. [S. l.: s. n.], 2015.
12. FERREIRO, S. et al. Influence of fineness of raw clay and calcination temperature on the performance of calcined clay-limestone blended cements. **Applied Clay Science**, v. 169, p. 81-90, 2019.
13. OLIVEIRA, Alex de Nazaré de et al. Acetylation of Eugenol on Functionalized Mesoporous Aluminosilicates Synthesized from Amazonian Flint Kaolin. **Catalysts**, v. 10, n. 5, p. 478, 2020.
14. SCRIVENER, K.; JUILLAND, P.; MONTEIRO, P. J. M. Advances in understanding hydration of Portland cement. **Cement and Concrete Research**, v. 78, p. 38-56, 2015.
15. DA CUNHA, A. L. C.; LEMOS, M. S.; METH, S.; GONÇALVES, J. P.; DWECK, J. A study of the particle size effect on the pozzolanic activity of an equilibrium catalyst. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, vol. 106, no. 3, p. 805–809, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10973-011-1399-7>.



## 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/>

