



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-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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a 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

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)

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>


CAPÍTULO 6.....	42
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116	
CAPÍTULO 7.....	51
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117	
CAPÍTULO 8.....	58
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118	
CAPÍTULO 9.....	66
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119	
CAPÍTULO 10.....	73
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110	
CAPÍTULO 11.....	81
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>

CAPÍTULO 17	127
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117	
CAPÍTULO 18	134
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118	
CAPÍTULO 19	142
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.	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119	
CAPÍTULO 20	150
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120	
CAPÍTULO 21	158
CARACTERIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) GERADA EM LEITO FLUIDIZADO	
PAGLIARIN; Karine; JORDANI; Bárbara; KOPPE; Angélica	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121	
CAPÍTULO 22	166
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SUBPRODUTOS NA DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CIMENTO	
MARTINS; Julia; ROCHA; Janaíde	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122	


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 CO₂ 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 DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM FIBROCIMENTOS

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

BASSAN DE MORAES; MARIA JÚLIA¹; SOARES TEIXEIRA; RONALDO¹; PROENÇA DE ANDRADE; MAXIMILIANO¹; MITSUUCHI TASHIMA; MAURO²; ROSSIGNOLO; JOÃO ADRIANO¹

¹ UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS; ²

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA.

E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: MAJU.BAMORAES@USP.BR

RESUMO: Considerando a busca pela sustentabilidade e a melhoria técnica, esse trabalho tem como objetivo o estudo da influência da cinza de folha de bambu (CFB) como substituição parcial do cimento Portland em fibrocimentos confeccionados pelo processo de extrusão. Para isso, foram confeccionados fibrocimentos com diferentes dosagens, as quais foram submetidas a ensaios físicos e mecânicos. O aumento da relação água/aglomerante associado a incorporação de fibras gerou poros mais conectados nos compósitos, tornando-os mais suscetíveis a ruptura e ao aparecimento de fissuras. Porém, a alta reatividade da CFB melhorou o desempenho mecânico da matriz e o comportamento pós-fissuração dos compósitos.

PALAVRAS-CHAVES: Cinza de folha de bambu, sustentabilidade, extrusão, fibrocimento, caracterização físico-mecânica.

ABSTRACT: Considering the search for sustainability and technical improvement, this work aims to study the influence of bamboo leaf ash (BLA) as partial replacement for Portland cement in fiber cement made by extrusion process. The fibercement specimens were prepared with different dosages, which were subjected to physical and mechanical tests. The increase in the water/binder ratio associated with the incorporation of fibers generated pores more connected in the composites, making them more susceptible to rupture and the appearance of cracks. However, the BLA high reactivity improved the mechanical performance of the matrix and the post-cracking behavior of the composites.

KEYWORDS: Bamboo leaf-ash, sustainability, extrusion, fiber-cement, physical-mechanical characterization.

1 | INTRODUÇÃO

A ideia de sustentabilidade nas indústrias pode ser entendida como o equilíbrio entre necessidades humanas e o uso de recursos naturais. Em meio a esse cenário, a indústria cimentícia tem um papel ambíguo, pois ao mesmo tempo que atua na construção e desenvolvimento de infraestrutura, também é responsável por altos consumos de energia e matérias-primas não-renováveis como a argila e o calcário, além da emissão de gases causadores de efeito estufa, advindos da queima de combustíveis fósseis e reações químicas envolvidas no processo, como a calcinação⁽¹⁾.

Com o objetivo de amenizar tais impactos ambientais e de se obter novas

tecnologias, o setor da construção civil já vem utilizando subprodutos da indústria como material pozolânico para substituição parcial do cimento. Porém, as pozolanas derivadas da agroindústria, apesar de serem geradas em maior quantidade em comparação a de outras indústrias, principalmente em países emergentes, de serem amplamente pesquisadas e apresentarem resultados satisfatórios, ainda não possuem aplicação comercial expressiva ⁽²⁾.

Já o processo de produção de fibrocimento por extrusão tende a trazer benefícios técnicos aos compósitos, além de ser uma alternativa economicamente viável por ter um menor custo de implantação em relação a outros métodos de produção de fibrocimento ⁽³⁾.

Dessa forma, o presente trabalho avaliou a influência de um material pozolânico, com campo de pesquisa pouco aprofundado, a cinza de folha de bambu (CFB), subproduto da agroindústria, como substituição parcial ao cimento Portland, aliada às fibras de polipropileno (PP) na produção de fibrocimento por extrusão (produção de peças em fluxo contínuo forçado através de um molde predefinido).

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A pesquisa utilizou folhas de bambu (*Bambusa vulgaris*) coletadas em Ilha Solteira – São Paulo. A CFB foi produzida pelo processo de autocombustão, no qual a temperatura de queima não é controlada, apenas monitorada através de sensores de temperatura (termopares). Após sua calcinação, a cinza foi peneirada (peneira ASTM #50) por sete minutos para remover eventuais impurezas e folhas não queimadas. Posteriormente, a cinza foi moída por 50 minutos para diminuir seu diâmetro médio e aumentar sua superfície específica em um moinho de bolas com capacidade de 15 kg. A caracterização físico-química, estudo de reatividade desse lote de CFB, do qual pertence a cinza utilizada nesse estudo, e estudo da cinza em argamassas pode ser visualizado no artigo publicado por Moraes et al. ⁽²⁾

Foram escolhidos materiais semelhantes aos utilizados nas indústrias para a produção dos fibrocimentos dessa pesquisa, exceto pela CFB. O cimento utilizado foi o CPV- ARI, o qual possui um teor de clínquer maior que 95%, (sem adição mineral) que não interferirá na avaliação da atividade pozolânica da CFB. Utilizou-se calcário moído como filler. Foram utilizadas fibras sintéticas de Polipropileno (PP) com 9 mm de comprimento como reforço do fibrocimento, uma vez que possuem resistência à alcalinidade. As fibras sintéticas foram fornecidas pela empresa Saint Gobain S/A. Foram empregadas polpas celulósicas branqueadas Kraft, fornecidas pela empresa Suzano Papel e Celulose, como reforço secundário e controle de fissura. As polpas são derivadas da espécie híbrida *Eucalyptus urograndis* e passaram por um processo de desintegração ⁽⁴⁾ para serem aplicadas nos fibrocimentos. Para que a matriz cimentícia apresentasse o comportamento reológico desejado, foram utilizados o aditivo retentor de água Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), fornecido pela empresa Aditex S.A. e o superplastificante poliéter carboxilato, conhecido comercialmente como ADVA 175, fornecido pela empresa Grace Brasil Ltda.

2.2 Dosagem

As dosagens das matrizes cimentícias foram baseadas no trabalho desenvolvido por Teixeira et al.⁽⁵⁾, similar as dosagens utilizadas pela indústria de fibrocimento, apresentada na Tabela 1.

Matérias-primas	Nomenclatura ou formulação	Cimento Portland	Calcário Moído	CFB	Polpa Celulósica	Fibra PP	Relação Água/Aglomerantes (cimento Portland e CFB)
(CP)	69,95	27,08	-	2,98	-	0,25	
Cimento Portland 1% PP	(CP1)	69,25	26,81	-	2,95	1,00	0,28
CFB 10% 1% PP	(CP1-CFB 10)	62,33	26,81	6,93*	2,95	1,00	0,31
CFB 15% 1% PP	(CP1-CFB15)	58,86	26,81	10,39**	2,95	1,00	0,33

* 10% em relação a massa de cimento ** 15% em relação a massa de cimento

Tabela 1 - Dosagens utilizadas nas dosagens (% em massa)

Fonte: Própria autoria

Ambos os aditivos retentor de água e superplastificante foram adicionados com teores de 1% em relação aos aglomerantes (cimento Portland e cinza).

2.3 Extrusão

Os fibrocimentos foram extrudados em uma extrusora com rosca helicoidal (tipo Auger), com diâmetro de 75 mm e comprimento de 100 mm, da marca Gelenski, modelo MVIG-05, com uma boquilha de 200 mm de comprimento sendo a velocidade adotada de 4 mm/s. O processo de cura foi baseado no trabalho de Teixeira⁽³⁾, os corpos-de-prova produzidos foram selados em sacos plásticos por cerca de 48 horas. Após esse período, foram transferidos ainda selados para o banho térmico a 60°C, onde permaneceram por mais cinco dias. Após o processo de cura, foram cortados por uma serra apropriada, adquirindo as medidas de 160 mm x 50 mm x 15 mm e submetidos aos ensaios físicos e mecânicos.

2.4 Ensaios Físicos

Os valores de absorção de água (AA), densidade aparente (DA) e porosidade aparente (PA) foram determinados através da norma ASTM C948 – 81⁽⁶⁾. Foram utilizados 20 corpos-de-prova de cada dosagem para esse ensaio.

2.5 Ensaios Mecânicos

O ensaio realizado foi o de tração na flexão com quatro pontos com base no

procedimento experimental de acordo com RILEM, 1984⁽⁷⁾ e Savastano Junior⁽⁸⁾. Foram utilizados 20 corpos-de-prova para esse ensaio. O ensaio foi realizado em máquina universal de ensaios EMIC DL-30000, sendo o vão inferior de 135 mm e o vão superior de 45 mm, com célula de carga de 5 kN e com velocidade de carregamento de 5 mm/min. O ensaio foi realizado com o auxílio de um deflectômetro para a medição de pequenas deformações, sendo sua precisão de 0,001 mm. Através dos valores obtidos foi possível determinar o módulo de ruptura (MOR), limite de proporcionalidade (LOP), módulo de elasticidade (MOE) e energia específica (EE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos ensaios físicos

A Tabela 2 apresenta os valores médios obtidos de absorção de água (AA), densidade aparente (DA) e porosidade aparente (PA) para as dosagens estudadas.

Dosagem/Ensaio	Absorção de água (%)	Densidade Aparente (g/cm ³)	Porosidade Aparente (%)
CP	16,20 ± 0,35	2,038 ± 0,109	33,00 ± 1,60
CP1	17,42 ± 0,66	1,795 ± 0,082	31,25 ± 1,82
CP1-CFB 10	18,15 ± 0,59	1,678 ± 0,009	30,44 ± 0,88
CP1-CFB15	18,85 ± 0,51	1,638 ± 0,008	30,87 ± 0,73

Tabela 2 - Resultados obtidos de AA, DA e PA para as dosagens CP, CP1, CP1-CFB10 e CP1-CFB15
Fonte: Própria autoria

As dosagens com a CFB apresentaram menor porosidade aparente, o que pode ser justificado devido ao efeito físico (filler) e químico (formação de géis amorfos) da pozolana na matriz.

Porém, apesar das dosagens que contém fibra apresentarem menor porosidade aparente, também apresentaram um aumento na absorção de água, o que tem relação com a conectividade dos poros. Tal fato pode ser explicado pela aumento da relação água/aglomerante dessas dosagens, o que ocasionou poros mais conectados. Para a dosagem controle (CP), foi utilizada a menor relação a/a (0,25), seguida pela CP1 (0,28), CP1-CFB10 (0,31) e CP1-CFB15 (0,33).

Um estudo feito por Teixeira et al.⁽⁵⁾ com fibrocimentos extrudados com a incorporação de fibra PP mostrou, por meio de análises de microtomografia de raios - X, que esses compósitos apresentavam maior quantidade de poros de capilaridade com maiores dimensões e macro poros do que os compósitos apenas com a polpa celulósica, devido à dificuldade no empacotamento das partículas e fibras na microestrutura, assim como a baixa densidade da zona de transição fibra-matriz.

3.2 Análise dos ensaios mecânicos

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos de módulo de ruptura (MOR),

limite de proporcionalidade (LOP), módulo de elasticidade (MOE) e energia específica (EE) para as dosagens estudadas.

Dosagem/Ensaio	MOR (MPa)	LOP (MPa)	MOE (GPa)	EE (kJ/m ²)
CP	12,07 ± 0,62	12,07 ± 0,62	8,94 ± 0,83	0,38 ± 0,04
CP 1	10,38 ± 0,58	8,66 ± 0,94	8,14 ± 0,95	2,85 ± 0,51
CP1-CFB 10	14,07 ± 0,53	8,94 ± 0,80	7,3 ± 0,79	6,36 ± 0,78
CP1-CFB 15	13,53 ± 0,41	9,14 ± 0,74	6,71 ± 0,91	6,35 ± 0,78

Tabela 3 - Resultados obtidos de MOR, LOP, MOE e EE para as dosagens CP, CP1, CP1-CFB10 e CP1-CFB15

Fonte: Própria autoria

A partir da Tabela 3, é possível observar que o módulo de ruptura, ou seja, a resistência à tração na flexão, da dosagem CP1 é menor do que da dosagem CP, o que indica que a incorporação de fibras diminuiu o desempenho mecânico do compósito. Resultado semelhante foi observado por Teixeira et al.⁽⁹⁾, o qual justificou tal queda no desempenho devido ao aumento de porosidade que a fibra causa devido a deficiência na sua dispersão na matriz o que, conseqüentemente, gera uma falha na transferência de tensão entre a fibra e a matriz. De fato, a partir dos ensaios físicos foi possível observar poros mais conectados nas dosagens com fibras PP. A presença desse poros com maiores dimensões dificulta a distribuição de tensões matriz-fibra no pós-fissuração, como a matriz cimentícia se trata de um material frágil, o comprometimento da distribuição de tensões causa um decréscimo no comportamento mecânico e um menor módulo de ruptura. Além disso, poros conectados por si só são defeitos que deixam a matriz mais suscetível a ruptura.

Porém, as dosagens com CFB apresentaram uma melhora do MOR em relação ao controle, o que mostra que a alta reatividade da pozolana⁽²⁾ não apenas mitigou os efeitos negativos da fibra na matriz, como trouxe um aumento de 21,79 e 12,10% em relação ao controle para as dosagens CP1-CFB10 e CP1-CFB15, respectivamente.

A pozolana melhora o desempenho mecânico das matrizes através de sua ação química e física. Quimicamente, as sílicas e aluminas amorfas presentes na pozolana reagem com o hidróxido de cálcio formado na hidratação do cimento, aumentando a resistência da matriz. Fisicamente, a pozolana age através do efeito filler, no qual as partículas pequenas da pozolana preenchem os espaços vazios da matriz, diminuindo sua porosidade como visto nos ensaios físicos, tornando o material mais coeso, dificultando sua ruptura, e através do efeito de nucleação, na qual permite-se uma maior reação da partícula de cimento, aumentando os produtos responsáveis pela resistência mecânica⁽²⁾.

Essa melhoria é ainda mais expressiva quando se calcula o ganho de resistência proposto por Payá, Monzó e Borrachero⁽¹⁰⁾, parâmetro que compara a resistência de uma dosagem controle, com uma correção baseada na percentagem de substituição. Uma vez que ao se retirar cimento Portland da mistura, a tendência é que a resistência diminua de forma proporcional, como seria o caso de uma substituição por material inerte e de granulometria semelhante, por exemplo. Porém, como a CFB é altamente

reativa⁽²⁾ ela gerou um ganho de resistência de 29,52% para a dosagem com 10% de substituição e de 31,88% para a dosagem com 15% de substituição, em relação a dosagem controle. Mas em relação a dosagem CP 1, o ganho de resistência foi de 50,61% para a dosagem CP1-CFB10 e de 53,35% para a CP1-CFB15.

O limite de proporcionalidade indica o final do regime de comportamento elástico e começo do comportamento plástico, no ensaio é caracterizado pelo aparecimento da primeira fissura⁽¹¹⁾. A dosagem sem incorporação da fibra PP apresentou LOP com o mesmo valor de MOR, tal comportamento é típico de materiais frágeis.

O decréscimo do LOP nas dosagens com fibra pode estar associado ao aumento do teor de água, uma vez que, como visto nos ensaios físicos, essas dosagens apresentaram poros mais conectados, mais suscetíveis ao aparecimento da primeira fissura. Porém, também é possível se observar com os valores do LOP, a influência positiva da CFB no desempenho mecânico do compósito, apesar de apresentar mais poros conectados, a maior resistência da matriz causou um retardo na fissuração. As dosagens com incorporação de fibras apresentaram MOR > LOP, o que caracteriza resistência pós fissuração.

Um estudo feito por Xu, Deng e Chi⁽¹²⁾, utilizando a técnica da nanoidentação, mostrou que o aumento da relação água/cimento ocasionou uma queda nos valores do módulo de elasticidade em uma matriz cimento/fibra PP. Tal correlação também pode ser observada nesse estudo, uma vez que os valores de MOE decaíram conforme o aumento do teor de água nas dosagens. O aumento do teor de água causou um aumento nos poros conectados como visto nos ensaios físicos, os quais tornam a matriz mais suscetível a sofrer deformações no regime elástico. Ademais, a incorporação de fibras, uma vez que a mesma apresenta baixo módulo de elasticidade, potencializa a maior deformação da matriz e conseqüentemente, a diminuição do MOE.

A energia específica representa a tenacidade do material e seu aumento em fibrocimentos ocorre devido a ação das fibras no pós-fissuração, as quais criam pontes através das fissuras propagadas na matriz, evitando-se uma ruptura frágil⁽¹³⁾. A adição da CFB aumentou significativamente a energia específica, o que mostra que a pozolana interagiu muito bem com a fibra sintética, melhorando a propagação dos esforços e, por consequência, seu comportamento mecânico pós-fissuração.

O alto valor da energia específica para os compósitos com CFB também pode ser devido a incorporação de material pozolânico altamente reativo na matriz⁽²⁾, reagindo com o hidróxido de cálcio, o que pode ter contribuído para a diminuição alcalinidade do compósito e para a preservação da polpa celulósica⁽¹⁴⁾. Dessa forma, a partir da utilização da CFB obteve-se uma otimização do comportamento mecânico da matriz, aliado a uma melhor condição do reforço secundário, o que permitiu um bom comportamento fibra-matriz e por consequência, um ótimo desempenho pós-fissuração, quando comparado com as dosagens sem fibra e sem CFB.

4 | CONCLUSÕES

Os ensaios físicos mostraram que a incorporação da CFB nas dosagens causa uma diminuição da porosidade aparente devido ao efeito físico-químico da pozolana na matriz. Porém, o aumento da relação água/aglomerante associado com a incorporação

de fibras gerou poros mais conectados nas dosagens CP1, CP1-CFB10 e CP1-CFB15. Já os ensaios mecânicos mostraram que esses poros deixam a matriz mais suscetível a ruptura, ao aparecimento de fissuras e a deformações elásticas.

A alta reatividade da CFB melhorou o desempenho mecânico da matriz e mitigou os efeitos negativos da incorporação de fibras, além de possibilitar um melhor trabalho matriz e reforço no pós-fissuração, quando comparado com os compósitos sem a incorporação da pozolana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2019 / 11949-8.

REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, M.G.F. Roadmap Tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Rio de Janeiro: 2019
2. MORAES, M. J. B. *et al.* Production of bamboo leaf ash by auto-combustion for pozzolanic and sustainable use in cementitious matrices. **Construction and Building Materials**, Oxford, v. 208, p. 369-380, 2019.
3. TEIXEIRA, R. S. **Efeito das fibras de curauá e de polipropileno no desempenho de compósitos cimentícios produzidos por extrusão**, 2015. 147 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Engenharia de São Carlos (USP), 2015.
4. FILOMENO, R, H. **Avaliação da influência da umidade relativa da atmosfera de cura na carbonatação de materiais de fibrocimento**. 2018. 111f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.
5. TEIXEIRA, R. S. *et al.* Extrudability of cement-based composites reinforced with curauá (*Ananas erectifolius*) or polypropylene fibers. **Construction and Building Materials**, v. 205, p. 97–110, 2019.
6. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM C 948-81: Standard Test Method for Dry and Wet Bulk Density, Water Absorption, and Apparent Porosity of Thin Sections of Glass-Fiber Reinforced Concrete**. West Conshohocken, USA, 2016.
7. REUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DES RECHESCHES SUS LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS – RILEM. RILEM 49-TRF: testing methods for fibre reinforced cement-based composites. **Matériaux at Constructions**, v. 17, n. 102, p. 441–456, 1984.
8. SAVASTANO JR., H. **Materiais à base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 144 f. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica (USP), 2000.
9. TEIXEIRA, R. S. *et al.* Impact of content and length of curauá fibers on mechanical behavior of extruded cementitious composites: Analysis of variance. **Cement & Concrete Composites**, v. 102, p. 134–144, 2019.
10. PAYÁ, J.; MONZÓ, J.; BORRACHERO, M. V. Physical, chemical and mechanical properties of fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R) blended cements. **Cement and Concrete Research**, v. 31, n. 1, p. 57–61, 2001.
11. BENTUR, A.; MINDESS, S. Test methods. In: BENTUR, A.; MINDESS, S. (Ed.). **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. 2. ed. London and New York: Taylor & Francis, 2007. p. 186–234.
12. XU, L.; DENG, F.; CHI, Y. Nano-mechanical behavior of the interfacial transition zone between steel-polypropylene fiber and cement paste. **Construction and Building Materials**, v. 145, p. 619–638, 2017.

13. BENTUR, A.; MINDESS, S. Fibre–cement interactions: Stress transfer, bond and pull-out. In: BENTUR, A.; MINDESS, S. (Ed.). **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. 2. ed. London and New York: Taylor & Francis, 2007c. p. 31– 104.
14. MEJIA-BALLESTEROS, J. E. et al. Effect of mineral additions on the microstructure and properties of blended cement matrices for fibre-cement applications. **Cement & Concrete Composites**, v. 98, p. 49–60, 2019.



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/>

