



**7º ENCONTRO NACIONAL
DE APROVEITAMENTO
DE RESÍDUOS NA
CONSTRUÇÃO**



7º ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Imagens da capa

Agência Preview - Banco de Imagens

Edição de arte

Silvia Trein Heimfarth Dapper

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

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

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

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

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

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

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

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^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, Gislaine	
 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>



AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS SUSTENTÁVEIS PARA PAVERS CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS

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

ALTOE; SILVIA PAULA SOSSAI¹; GOÉS; ISADORA¹; ROTTA; JOSÉ VENANCIO PINHEIRO¹; BORIN;
MATEUS ROBERTO²

¹UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ; ²UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ –
CAMPUS APUCARANA.

E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: SPSALTOE@UEM.BR

RESUMO: A utilização de resíduos como matéria prima para a Indústria da Construção Civil ganha cada vez mais notoriedade. Porém, para avaliar a viabilidade desta utilização devem ser realizadas análises mais apuradas quanto a sua real contribuição frente a parâmetros de sustentabilidade. O objetivo do presente trabalho é avaliar esses parâmetros para pavers produzidos com resíduos de pneus e cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Foram analisados aspectos como: redução no consumo de recursos naturais, neutralização de contaminantes, emissão de CO₂ e custos. Os resultados demonstram que a utilização dos resíduos propostos atendem os parâmetros sustentáveis avaliados dentro da utilização proposta.

PALAVRAS-CHAVES: Reciclagem; sustentabilidade; cinza do bagaço de cana-de-açúcar e pneu.

ABSTRACT: The use of waste as a raw material for the Civil Construction Industry is gaining more and more notoriety. However, to assess the feasibility of this use, more accurate analyzes should be carried out regarding its real contribution to sustainability parameters. The objective of this work is to evaluate these parameters for pavers produced with waste tires and sugarcane bagasse ash. Aspects such as: reduction in the consumption of natural resources, neutralization of contaminants, CO₂ emissions and costs were analyzed. The results demonstrate that the use of the proposed waste meets the sustainable parameters evaluated within the proposed use.

KEYWORDS: Recycling; sustainability; sugar cane bagasse ash and tire.

1 | INTRODUÇÃO

A crise energética, consumo indiscriminado de recursos naturais e a intensa geração e acúmulo de resíduos têm levado a grandes discussões sobre o impacto ambiental sofrido ao longo dos anos, e quais as consequências e resultados disto a longo prazo. O que de certa forma tem incentivado uma busca incessante por ações estratégicas que diminuam a degradação e o desequilíbrio causados no meio ambiente (TAVARES, 2010) ⁽¹⁾.

Reciclagem de resíduos, utilização de materiais sustentáveis, economizar água e energia, potencializar a durabilidade, planejar a manutenção, assegurar segurança e higiene, redução dos custos, redução na produção de resíduos e reciclagem de resíduos,

são apontados por Teodoro (2011)⁽³⁾ como pilares para uma construção sustentável.

Atualmente, a temática da construção sustentável, se conduz em duas direções: Os centros de pesquisa em tecnologias alternativas buscam o resgate de materiais e tecnologias nacionais como o uso de materiais naturais e pouco processados e são organizados em comunidades alternativas. E de outro lado, empresários apostam em “empreendimentos verdes” com as certificações, tanto no âmbito da edificação quanto no âmbito do urbano (MMA, 2016)⁽⁴⁾.

Estabelecer regras sobre materiais serem mais ou menos sustentáveis é uma tarefa delicada, já que envolve oscilações de acordo com o método escolhido para ser feita tal analogia. Ainda que parte de alguns aspectos ambientais estejam cada vez mais acessíveis a sociedade, existe o perigo de serem inventados mitos por equívocos de interpretações e mudanças de dados, gerados por espaços incompletos por falta de um plano geral, que deve abranger todos os aspectos do material, afetando a veracidade da analogia (LEEUW, 2005)⁽⁵⁾.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar parâmetros de sustentabilidade de um ecomaterial desenvolvido por Altoé (2017)⁽⁶⁾, este produto se constitui de pavers produzidos com resíduos de pneus e cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) em substituição ao agregado natural miúdo, a areia. Os resultados obtidos pela pesquisadora apresentaram propriedades físicas e mecânicas semelhantes aos pavers convencionais. A porcentagem de substituição foi de 27% de agregado natural por agregado reciclado, sendo 25% de CBC e 2% de pneu. Para isto foram analisados aspectos como: redução no consumo de recursos naturais, neutralização de possíveis contaminantes dos resíduos quando incorporados à matriz cimentícia, emissão de CO₂ e custos dos produtos.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais: Caracterização do Material

A Tabela 01 traz as características do bloco de concreto para pavimentação a ser avaliado:

Dimensões	Comprimento		Largura		Altura	
		190mm		90mm		80mm
Traço (Kg)	Cimento	Areia	Brita	CBC	Pneu	Água
	1,00	1,95	1,35	0,66	0,04	0,42
Propriedades	Resist. Mecânica		Absorção		Abrasão	
	32,22 Mpa		5,23%		6,32 mm	

Tabela 01 – Características do Paver

Altoé (2017)⁽⁶⁾ estudou combinações entre Cinza do Bagaço da Cana-de-açúcar (CBC) e resíduo de pneus em diferentes teores até obter um produto que apresentasse resultados semelhantes ao paver referência, sem utilização de resíduos na composição, foram avaliadas a resistência à compressão, a absorção de água e o índice de desgaste

por abrasão. O teor ótimo de substituição estabelecido foi de 27%, sendo 25% de CBC e 2% de pneu.

2.2 Métodos: Parâmetros de sustentabilidade

2.2.1 Redução no consumo de recursos naturais

Este parâmetro foi avaliado pela comparação do consumo de materiais para a confecção do traço com e sem resíduos, em valores absolutos, para a fabricação de 1 m³ de concreto.

2.2.2 Neutralização dos metais potencialmente contaminantes presentes nos resíduos

A presença de contaminantes, tanto nos resíduos quanto no produto final desenvolvido, foi determinada através de ensaios de lixiviação e solubilização dos mesmos. O procedimento utilizado na obtenção do extrato lixiviado seguiu a NBR 10005:2004 (ABNT:2004)⁽⁷⁾, assim como o procedimento da extração do solubilizado seguiu a 10006:2004 (ABNT:2004)⁽⁸⁾. Sendo que, as amostras de lixiviado e solubilizado foram submetidas a determinação dos teores de contaminantes listados segundo os anexos F e G da NBR 10004:2004 (ABNT:2004)⁽⁹⁾, por meio de Espectrômetro de Absorção Atômica (EAA) 52 Varian - SPECTRAA-240FS e Cromatôgrafo de íons, Metrohm – 850 Professional IC.

2.2.3 Emissão de CO₂

A emissão de CO₂ foi obtida em um estudo baseado no método desenvolvido por Costa (2012)⁽¹⁰⁾ denominado Método para a Quantificação das Emissões de CO₂ (Método QE- CO₂). O método possui três níveis de avaliação: básico, intermediário e avançado, para esta pesquisa foi adotado o método básico.

A fórmula geral do Método QE- CO₂, Equação 01, consiste na multiplicação da quantidade de produto utilizado na obra pelo fator de perda e pelo somatório das emissões geradas pelo consumo de energia e pelo transporte.

2.3 $Emissões_{MTL,j} = QT_j \times FP \times (Emissões_{TRL,i} + Emissões_{ENL,i})$ (1)

$Emissões_{MTL,j}$ = emissões devido à utilização do produto j em edificações, em toneladas de CO₂;

QT_j = quantidade de produto j necessária na obra, em toneladas;

FP = fator de perda do produto j, adimensional, para concreto 6%;

$Emissões_{TRL,j}$ = emissões de devido ao consumo de energia i para o transporte de matérias primas e do produto j para a edificação, em toneladas / tonelada de produto j;

$Emissões_{ENL,j}$ = emissões devido ao consumo de energia i para extração e processamento do produto j necessário na edificação, em toneladas / tonelada de produto j.

2.3.1 Comparação de Custos

Este parâmetro foi avaliado pela comparação do custo dos materiais para a confecção do traço com e sem resíduos, em valores absolutos, para a fabricação de 1 m³ de concreto.

3 | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Redução do consumo de recursos naturais

Com o teor ótimo de substituição encontrado por Altoé (2017)⁽⁵⁾ tem-se uma redução de 27% no consumo de recursos naturais, ou seja, se para 1 m³ de concreto utilizado na fabricação de paver são consumidos aproximadamente 1100 kg de agregado miúdo ter-se-ia uma redução de 297 kg no processo de fabricação. Esta redução impacta diretamente na conservação e preservação dos recursos naturais, uma vez que com menos materiais utilizados por este tipo de indústria, a extração destes será reduzida, garantindo, assim, que as próximas gerações também possam utilizar este recurso.

3.2 Neutralização dos metais potencialmente contaminantes presentes nos resíduos

A determinação da presença de materiais contaminantes nos resíduos é fundamental para a caracterização destes como perigosos ou não perigosos, inertes e não inerte, o que determina a sua destinação e também a sua forma de tratamento.

Os extratos lixiviados tanto da CBC quanto do resíduo de pneu não apresentaram parâmetros acima dos limites estabelecidos pela norma em seu F, sendo então classificados como um resíduo “NÃO PERIGOSO”. Porém, o extrato solubilizado dos resíduos apresentou índices em alguns metais acima do Anexo G, o que os faz serem classificados dentro da classe dos não-inertes. Dessa forma, de acordo com a NBR 10004, todas as amostras do Resíduo de Pneu Inservíveis e da CBC analisadas podem ser classificadas, pelos parâmetros ora apresentados, como “Resíduo Não perigoso – Classe II A – Não inerte”. Os resíduos com tal classificação podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. A Tabela 02 traz os metais cujos parâmetros exigidos foi excedido.

Parâmetros Solubilizado	Limite Máximo ANBT NBR 10004:2004 (Anexo G)	Concentração Resíduo de Pneu (mg/l)	Concentração CBC (mg/l)
Alumínio	0,20	3,22300	2,00500
Cádmio	0,006	0,0013	0,00750
Chumbo	0,01	0,14265	0,14590
Mercúrio	0,001	0,00200	Nd

Tabela 2 - Concentração de ânions no extrato solubilizado acima dos parâmetros

Esta classificação indica que pode ocorrer algum tipo de contaminação tanto

do solo quanto da água caso os resíduos analisados sejam descartados de forma inadequada no meio ambiente. Para verificar se os contaminantes foram encapsulados pelo concreto foram realizados também os ensaios de solubilização e lixiviação nos pavers, buscando confirmar a eficiência da aplicação. Os resultados são apresentados na Tabela 03, e mostram que os metais analisados passaram a não apresentar mais concentrações que o classificasse o material como não-inerte.

Parâmetros	Limite Máximo ANBT NBR 10004:2004 (Anexo G)	Concentração Pavers referência (mg/l)	Concentração Pavers com resíduos (mg/l)
Alumínio	0,20	0,15	0,13
Cádmio	0,006	0,005	0,005
Chumbo	0,01	0,008	0,006
Mercurio	0,001	Nd	Nd

Tabela 3 - Concentração de ânions no extrato solubilizado – Pavvers

Conner (1990)⁽¹¹⁾ e Wiles (1987)⁽¹²⁾ estudaram o tratamento de resíduos sólidos industriais perigosos com pozolanas, cinzas volantes e cimento, verificando os mecanismos de conversão química e retenção física dos contaminantes. De acordo com os autores a imobilização do íon cádmio (Cd^{2+}) está relacionada à sua precipitação na matriz cimentícia, reagindo com o $Ca(OH)_2$, resultando na substituição dos íons Cd^{2+} e gerando o $CdCa(OH)_4$. Bishop (1986) afirma que a imobilização do chumbo (Pb^{2+}) em cimento deve-se a dois fenômenos: primeiro a precipitação do hidróxido metálico e depois a sua encapsulação na fase C-S-H. De acordo com Bradley e Hanna (1994), em pH alcalino ($pH > 7$), os cátions Al^{3+} precipitam na forma de hidróxidos insolúveis $[Al(OH)_3]$.

Os mecanismos de precipitação e encapsulamento supracitados podem ser uma explicação para a diminuição da liberação desses metais no solubilizado dos pavvers fabricados com os resíduos propostos. Os resultados indicaram claramente que esses metais estão sujeitos a um mecanismo de imobilização decorrente do processo de tratamento utilizado, contribuindo dessa forma para a redução de contaminação do ambiente com a disposição do resíduo da forma usualmente adotada.

3.3 Emissão de CO_2

Um outro ponto que pode ser alvo de estudo é a emissão de CO_2 , ou seja, verificar se a substituição proposta pode também contribuir para a redução a emissão deste tipo de gás, além de representar um ganho energético e de créditos de carbono.

A Tabela 4 traz os valores de Emissões devido ao consumo de energia para o transporte das matérias-primas e os valores de Emissões devido ao consumo de energia para Extração e Processamento do material. Os valores assinalados são tabelados por Costa (2012)⁽⁹⁾ e as distâncias foram consideradas do ponto de extração dos materiais até a cidade de Maringá.

MATERIAL	EMISSÃO CO ₂ TRANSPORTE				EMISSÃO CO ₂ PRODUÇÃO (*)	EMISSÃO TOTAL DE CO ₂ (t/kg)
	DIST.(KM)	Cot. (*)	Feche (*)	TOTAL		
AGREG MIÚDO	370	0,0196	0,0032	0,0232064	0,0722	0,0954
AGREG. GRAUDO	25	0,0196	0,0032	0,001568	0,0719	0,0735
CIMENTO	1120	0,0196	0,0032	0,0702464	0,6281	0,6983
CINZA	20	0,0196	0,0032	0,0012544	-	0,0013
PNEU	10	0,0196	0,0032	0,0006272	0,615	0,6156

Cot. = fator de consumo médio de energia de determinado tipo de veículo, em L/t/km, no caso adotado um caminhão de 12 a 26 t

Feche = fator de emissão corrigido da energia CO₂, em t / L

(*) = valores tabelados por Costa (2012)

Tabela 4 – Emissão de CO₂ dos materiais componentes

A Tabela 5 traz os valores de emissão obtidos para a fabricação de 1 m³ de concreto, considerando o fato de perda de produto de 6% para concretos estabelecido pelo método.

MATERIAL	TRAÇO T0			TRAÇO TR		
	QTDADDE (kg)	CO ₂ (ton./kg)	CO ₂ /MAT (ton./m ³)	QTDADDE (kg)	CO ₂ (ton./kg)	CO ₂ /MAT (ton./m ³)
AGREG. MIÚDO	1092,50	0,0954	0,0063	797,525	0,0954	0,0045
AGREG. GRAUDO	655,50	0,0735	0,0029	655,50	0,0735	0,0029
CIMENTO	437,00	0,6983	0,0183	437,00	0,6983	0,0183
CINZA	0	0,0013	0	273,125	0,0013	0,0000
PNEU	0	0,6156	0	21,85	0,6156	0,0008
TOTAL (tCO ₂ /m ³)			0,0275			0,0265

Tabela 5 – Cálculo da Emissão de CO₂ por m³ de concreto

A substituição do agregado miúdo por resíduos de pneus e CBC promoveu uma redução de 3,7% da emissão de CO₂ em relação ao traço de referência.

3.4 Comparação de Custos

Para a análise do custo de materiais para a produção do concreto foram realizados levantamento de preços dos itens envolvidos e também o consumo de cada componente, conforme apresentado na Tabela 6. No custo da CBC foi considerado somente o valor de frete, não foi levado em consideração o valor do material, uma vez que este resíduo atualmente é tratado como resíduo sem valor comercial.

MATERIAL	TRAÇO TO			TRAÇO T		
	QTDADE (kg)	R\$ UNIT	R\$ TOTAL	QTDADE (kg)	R\$ UNIT	R\$ TOTAL
AGREG. MIÚDO	1092,50	0,052	56,81	797,53	0,052	41,47
AGREG. GRAUDO	655,50	0,046	30,15	655,50	0,046	30,15
CIMENTO	437,00	0,80	349,60	437,00	0,80	349,60
CINZA	0	0,015	0	273,13	0,015	4,10
PNEU	0	0,20	0	21,85	0,20	4,37
TOTAL (R\$/m ³)			436,56			429,70

Tabela 6 – Custos do Concreto (m³)

Do ponto de vista de custo, quando considerado o custo da CBC como zero, observa-se que a variação entre os custos totais de produção foi pequena, sendo reduzidos o percentual de 1,57%

4 | CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos o material se mostra eficiente frente aos parâmetros de sustentabilidade levantados, uma vez que a utilização dos resíduos gera uma redução de custo no produto final, além de reduzir de forma significativa a utilização de recursos naturais aplicados na fabricação tradicional. Fora isso, a utilização destes resíduos na forma de agregado para concreto para a fabricação de blocos de concreto para pavimentação oferece uma forma adequada para disposição destes, uma vez que observa-se a partir dos ensaios de lixiviação e solubilização do concreto produzido, que os metais presentes nos resíduos foram neutralizados, com uma eficiência de neutralização de aproximadamente 100%, ficando dentro dos índices aceitáveis que tornam o concreto do paver um material não pegoso e inerte.

A redução na emissão de CO₂ é uma característica a ser ressaltada nesta pesquisa, o que contribui significativamente para a preservação ambiental, já que a emissão de gases poluentes é um fator de grande impacto nas soluções ambientais. Desta forma, pode-se afirmar que o ecomaterial estudado tem grande potencial do ponto de vista sustentável.

REFERÊNCIAS

1. TAVARES, Priscila de Oliveira. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em construções residenciais**, 2010. Disponível: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/59.pdf> Acesso: 15/02/2020.
2. JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

3. TEODORO, Nuno Filipe Godinho. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais**. 2011. Dissertação (mestrado) - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2011.
4. BRASIL. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA)**. <http://www.mma.gov.br>, 2016.
5. LEEUW, B. **The World Behind the Product**. Journal Of Industrial Ecology, 2005. Disponível em: http://www.oitbrasil.org.br/sites/default/files/topic/green_job/doc/construcoes_sustentaveis_orientador_106.pdf. Acesso: 06/02/2020
6. ALTOE, S. P. S. **Resíduos de pneus e da queima do bagaço da cana-de-açúcar na fabricação de blocos de concreto para pavimentação (pavers)**. 2017. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2017.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
10. COSTA, B, L, C. **Quantificação das emissões de CO₂ geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
11. CONNER, J.R. **Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes**. New York. Van Nostrand Reinhold, 1990.
12. WILES, C. C. A review of solidification/stabilization technology. In: **Journal of Hazardous Materials**. V. 14, p. 5-21. 1987.



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/>

