



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª 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

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-171-8            DOI 10.22533/at.ed.718200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil.            I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 4” conta vinte e um capítulos sobre estudos realizados nas diversas áreas da engenharia civil.

A crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais exige a busca por novas alternativas no uso de materiais de construção. A presente obra oferece vários estudos em que resíduos de diferentes materiais sejam utilizados na construção civil.

Em consonância com o meio ambiente, apresentamos estudos sobre obras de saneamento, com a finalidade de promover a saúde e melhoria na qualidade de vida de uma determinada população.

São apresentadas pesquisas sobre patologias na construção civil e obras de pavimentação, o que permite o desenvolvimento de planos de manutenção e prevenção de novas patologias.

Por fim, apresentamos estudos sobre o comportamento estrutural em determinadas obras, e pesquisas sobre as diferentes demandas que a engenharia civil nos proporciona.

Desejamos que esta obra desperte ao leitor para a aplicação e desenvolvimento de novas pesquisas, com o objetivo de enriquecer ainda mais os estudos nas diversas atuações da engenharia civil. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA AUTONIVELANTE	
Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE PÓ DE VIDRO COMO UMA ADIÇÃO MINERAL EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA, EM CONJUNTO AO EMPREGO DE MICROSSÍLICA	
Vinícius Felipe Chiella Augusto Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>35</b>
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BLOCOS DE CONCRETO COMUNS E BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CELULOSE PROVENIENTE DE PAPEL RECICLADO	
Mariana de Sousa Prazeres Eduardo Aurélio Barros Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>49</b>
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO EMPREGO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO	
Nathália Cortes Tosi Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>61</b>
USO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA (CBC) COMO REMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND – CASO COLOMBIA	
Juan Pablo Izquierdo Jimenez Maria Juliana Alvarez Arias Manuel Alejandro Rojas Manzano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>79</b>
ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO LIGNOCELULÓSICO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO	
Bruna Ferraz Carvalho Dantas Carlos Fernando de Araújo Calado Aires Camões	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009076</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 97**

ESTUDO DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) DE MACEIÓ, COMO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO

Raone Bruno de Oliveira Silva  
Renato Antônio Santos Rolim  
Marcos André Melo Teixeira  
Pedro Gustavo dos Santos Barros

**DOI 10.22533/at.ed.7182009077**

**CAPÍTULO 8 ..... 114**

AValiação DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE COBRE DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Vinicius Lemos Pereira  
Douglas Martins Sousa  
Alan Monteiro Borges  
Lygia Maria Policarpio Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.7182009078**

**CAPÍTULO 9 ..... 124**

GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM JOÃO PESSOA: ESTUDO COMPARATIVO DO FLUXO DE ENTRADA NA USIBEN ENTRE OS PERÍODOS 2009/2010 E 2015/2018

Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel  
Gilson Barbosa Athayde Junior  
Cristine Helena Limeira Pimentel  
Samyr Sampaio Freire

**DOI 10.22533/at.ed.7182009079**

**CAPÍTULO 10 ..... 133**

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA MICROBACIA DO ARROIO BARRAÇÃO, MUNICÍPIO DE GUAPORÉ-RS

Fernando Frigo Migliorini

**DOI 10.22533/at.ed.71820090710**

**CAPÍTULO 11 ..... 138**

ANÁLISE DE ESTUDO DO RECALQUE DE EDIFICAÇÃO SITUADA EM ZONA SUL DA CIDADE DE QUITO - EQUADOR

Alexis Enríquez León

**DOI 10.22533/at.ed.71820090711**

**CAPÍTULO 12 ..... 149**

PATOLOGIA EM LAJES MACIÇAS DE EDIFÍCIO EMPRESARIAL

Bruno Matos de Farias  
Ronaldo Garcia da Costa  
Rebecca Alves da Silva  
José Ricardo Cardoso Domingues

**DOI 10.22533/at.ed.71820090712**

**CAPÍTULO 13 ..... 164**

LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DE VIAS URBANAS DE MACAPÁ-AP

Beatriz da Silva de Brito  
Alinne Emely dos Santos Duarte  
Paulo Victor Prazeres Sacramento  
Ruan Fabrício Gonçalves Moraes  
Orivaldo de Azevedo Souza Junior

DOI 10.22533/at.ed.71820090713

**CAPÍTULO 14 ..... 179**

AVALIAÇÃO OBJETIVA E SUBJETIVA EM SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EM TRECHO URBANO – ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE ESTAÇÕES DE AVALIAÇÃO EM SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS

Gustavo da Silva Schiavon

DOI 10.22533/at.ed.71820090714

**CAPÍTULO 15 ..... 193**

IMPACTO NO NÍVEL DE SOLICITAÇÕES DOS PILARES POR DIFERENTES MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato

Danilo Pereira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.71820090715

**CAPÍTULO 16 ..... 209**

SAPATAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE CÁLCULO ANALÍTICO POR MEIO DAS BIELAS-TIRANTES E O MEF (2D)

Denise Itajahy Sasaki Gomes Venturi

Matheus Rangel Venturi

DOI 10.22533/at.ed.71820090716

**CAPÍTULO 17 ..... 224**

VIGAS DE PONTES PROTENDIDAS ENTRE 20 E 40 METROS

Leonardo Lunkes Wagner

Denizard Batista de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.71820090717

**CAPÍTULO 18 ..... 238**

PLANO DE MOBILIDADE URBANA – PMU: UMA BREVE ANÁLISE DA LEI 12.587/2012

Rodrigo Marques do Nascimento

Fábio Mendes Ramos

Daniel Martins Nunes

DOI 10.22533/at.ed.71820090718

**CAPÍTULO 19 ..... 248**

NOVO LABORATÓRIO DO CURSO DE EDIFICAÇÕES DO IFPA

Luciano Costa de Farias

Marcelo Martins Farias

Wellen Patrícia Farias dos Reis

Celestina de Lima Rezende Farias

Cleydimara Aquino de Brito

DOI 10.22533/at.ed.71820090719

**CAPÍTULO 20 ..... 256**

A QUALIFICAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NO MERCADO ATUAL E O SEU IMPACTO DE CUSTO PARA UMA EMPRESA FORMAL

Rafaela Cardoso Galace

Flávia Aparecida Reitz Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.71820090720

<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>267</b>
ANÁLISE OBSERVACIONAL GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UM TRECHO DA RODOVIA DO CAFÉ	
Amanda Fernandes de Oliveira	
Leonardo Cesar de Souza Sowinski	
Gabrielly De Souza dos Santos	
Alex Sandro da Costa	
Mariana Alher Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.71820090721	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>280</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>281</b>

## ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO EMPREGO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

*Data de aceite: 01/06/2020*

*Data de submissão: 10/03/2020*

### **Nathália Cortes Tosi**

Universidade de Caxias do Sul/UCS

Caxias do Sul – RS

<http://lattes.cnpq.br/8189098228117640>

### **Augusto Felipe Chiella**

Universidade de Caxias do Sul/UCS

Caxias do Sul – RS

<http://lattes.cnpq.br/5465301082677424>

### **Vinícius Felipe Chiella**

Universidade de Caxias do Sul/UCS

Caxias do Sul – RS

<http://lattes.cnpq.br/6821333760606562>

### **Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas,

Universidade de Caxias do Sul/UCS

Caxias do Sul – RS

<http://lattes.cnpq.br/0759962154482745>

**RESUMO:** A construção civil é fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país. Entretanto, desencadeia problemas ambientais devido ao consumo acentuado dos recursos naturais e à grande geração de resíduos. Diante disso, essa pesquisa visou contribuir para a

viabilização do uso de resíduos de construção e demolição (RCD) cerâmicos como agregado miúdo em argamassas de assentamento. Assim, avaliando-se a influência da consistência e do teor de substituição dos agregados nas propriedades da argamassa notou-se, em todos os traços analisados, ganhos expressivos de resistência mecânica. Portanto, o resíduo cerâmico apresentou desempenho satisfatório como agregado miúdo, demonstrando a viabilidade técnica desta utilização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de construção e demolição, Reciclagem de RCD, Agregado cerâmico, Argamassa de assentamento.

### STUDY OF THE TECHNICAL VIABILITY OF CERAMIC WASTE EMPLOYMENT AS A FINE AGGREGATE IN MASONRY MORTARS

**ABSTRACT:** Civil construction is fundamental to the economic and social development of the country. However, it triggers environmental problems due to the accentuated consumption of natural resources and the large generation of waste. Therefore, this research aimed to contribute to the feasibility of the use of ceramic construction and demolition residues (RCD) as a fine aggregate in masonry mortars. Thus, the influence of the consistency and the substitution

content of the aggregates on the properties of the mortar was observed, in all traits analyzed, expressive gains of mechanical resistance. Therefore, the ceramic residue showed satisfactory performance as a fine aggregate, demonstrating the technical feasibility of this use.

**KEYWORDS:** Construction and demolition waste, RCD Recycling, Ceramic aggregate, Masonry mortars.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Taipale (2012), a construção civil consome mais de um terço dos recursos naturais, sendo considerada um dos maiores consumidores de insumos minerais, especialmente aqueles utilizados como agregados, conforme Valverde (2001). Isso se deve, segundo o autor, principalmente pelo seu uso na produção de argamassas e concretos, visto que, cerca de 70% destes são constituídos por agregados.

Quanto à geração dos resíduos, o setor é responsável, segundo Pinto (1999), por mais da metade da massa dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados, o que faz com que o volume de resíduos provenientes da construção civil seja, por exemplo, mais que o dobro do volume de resíduos domiciliares coletados. Contudo, visto que os RCD apresentam elevado potencial de reciclagem, o cenário atual pode ser revertido, uma vez que há grande possibilidade de inserção destes dentro dos processos produtivos do próprio setor.

Segundo John (2000), a cadeia produtiva da construção civil apresenta características que a credenciam a ser grande recicladora, pois muitos componentes são de produção simples, como por exemplo, os compostos por agregados e aglomerantes minerais. Ao serem beneficiados, caracterizados e avaliados, os resíduos podem ser incorporados, por exemplo, como agregados reciclados em argamassas e concretos. Assim, tanto os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais como os ocasionados pelo descarte inadequado dos resíduos, impulsionam estudos sobre o reaproveitamento destes como materiais alternativos.

Conforme estudos realizados por diversos autores, a utilização de RCD em argamassas e concretos, pode proporcionar ganhos nas propriedades mecânicas e de durabilidade. O resíduo cerâmico, em especial, de acordo com Zordan (1997), pode ser utilizado em substituição a uma porcentagem do cimento Portland ou do agregado, por possuir possibilidade de desenvolvimento de atividade pozolânica. Segundo Lima (1999), agregados reciclados que contenham elevados teores de material pozolânico podem contribuir positivamente na resistência à compressão de argamassas.

Em virtude disso e, tendo em vista os elevados teores de resíduos de materiais cerâmicos existentes na indústria da construção civil, decidiu-se estudar de que forma esses materiais contribuem para o desempenho de novos produtos, analisando – através dessa pesquisa – a viabilidade da sua incorporação, como agregado miúdo, em argamassas

de assentamento. Dessa forma, utilizando o resíduo cerâmico como agregado miúdo, estaremos proporcionando benefícios de ordem ambiental, econômica e tecnológica.

## 2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi desenvolvido afim de verificar a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados de cerâmica vermelha, em substituição aos agregados miúdos naturais, para a produção de argamassas de assentamento. A análise foi realizada avaliando a influência do material reciclado sobre as propriedades das argamassas produzidas.

Para tanto, definiu-se como variáveis controláveis duas consistências (C(a): $20 \pm 1$  cm e C(b): $24 \pm 1$  cm) e cinco diferentes teores de substituição de agregado miúdo cerâmico (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). A escolha das faixas de consistência deu-se de acordo com as propriedades desejadas à mistura, sendo realizada de modo que a mesma obtivesse característica plástica, ou seja, uma quantidade de água ideal para formar uma pasta moldável.

As variáveis de resposta correspondem aos ensaios da argamassa no estado fresco: índice de consistência (ABNT NBR 13276:2005) e aos ensaios mecânicos: resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT NBR 13279:2005). A Figura 1 demonstra, esquematicamente, o programa experimental do estudo.



Figura 1 –Programa experimental

Fonte: Autores (2020).

## 3 | MATERIAIS UTILIZADOS

Para a produção das argamassas (ABNT NBR 13276:2005) foi utilizado o traço, em massa, de 1:1:6 (cimento:cal:areia), sendo que, em determinadas amostras a quantidade de areia foi substituída pelos diferentes teores de agregado miúdo cerâmico. Optou-se pela produção de argamassas mistas dado ao desejo de aliar a trabalhabilidade e retenção de água das argamassas de cal à resistência mecânica das argamassas de cimento, além de estas serem mais recomendadas para o uso em alvenaria estrutural, segundo Sabbatini

(1998).

Para os aglomerantes, utilizou-se cimento Portland CP IV 32 RS, o qual foi caracterizado quanto a massa específica, segundo a norma ABNT NBR NM 23:1998, obtendo-se o valor de  $2,65 \text{ g/cm}^3$ , e quanto a finura, segundo a norma ABNT NBR 11579:2012, obtendo-se um índice de 0,68%. Para a cal, utilizou-se cal hidratada CH I, que, da mesma forma que o cimento, foi caracterizada quanto à massa específica, sendo obtido o valor de  $2,27 \text{ g/cm}^3$ .

O agregado miúdo natural utilizado foi uma areia quartzosa, selecionada entre um grupo de areias comercializadas no município de Caxias do Sul/RS. A areia foi caracterizada fisicamente, de acordo com os ensaios de composição granulométrica, módulo de finura e dimensão máxima (ABNT NBR NM 248:2003), massa específica (ABNT NBR 9776:1988), massa unitária (ABNT NBR 7251:1982) e absorção de água (NBR NM 30:2001), os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

O agregado miúdo reciclado empregado foi obtido a partir do beneficiamento, em um britador de mandíbulas, de tijolos maciços coletados de uma obra de reforma/demolição no Município de Bento Gonçalves/RS. Após ter sido moído, o resíduo cerâmico passou pelo processo de peneiramento mecânico – através do conjunto de peneiras da série normal, ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010 – onde foi separado por granulometria. A Figura 2 apresenta o processo de beneficiamento realizado.



Figura 2 – Processo de beneficiamento do resíduo de cerâmica vermelha

Fonte: Autores (2020).

Posteriormente, fez-se a composição granulométrica do agregado miúdo cerâmico, a partir da granulometria do agregado miúdo natural utilizado. Devido a isso, os resultados obtidos para a composição granulométrica, módulo de finura e diâmetro máximo deste agregado são os mesmos dos obtidos para o agregado natural, como pode ser observado na Figura 3 e na Tabela 1.

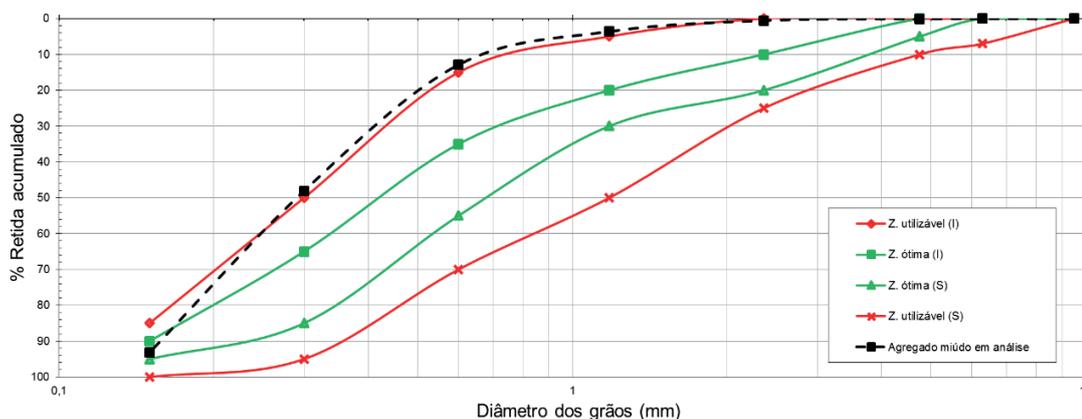


Figura 3 – Curva granulométrica dos agregados

Fonte: Autores (2020).

Ensaio	Agregado miúdo natural	Agregado miúdo cerâmico						
Módulo de finura	1,58	1,58						
Dimensão máxima (mm)	1,18	1,18						
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,61	2,32						
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	1,57	0,97						
Absorção de água (%)	0,95	19,70						
Composição granulométrica								
Peneiras (mm)	6,30	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	<0,15
Percentual médio retido (%)	0,00	0,06	0,46	3,06	9,28	35,22	45,15	6,77
Percentual médio retido acumulado (%)	0,00	0,06	0,52	3,58	12,86	48,08	93,23	100,00

Tabela 1 – Caracterização física dos agregados

Fonte: Autores (2020).

Os resultados obtidos já eram esperados, visto que esse tipo de agregado é muito mais poroso do que o convencional, devido a quantidade, dimensão e distribuição de seus poros, absorvendo maior quantidade de água (DIAS, 2004; LIMA, 1999; MIRANDA; SELMO, 2001; REIS, 2013; TOPÇU; SENDEL, 2004). Assim, a alta porosidade do agregado cerâmico, aliada à menor densidade e à forma irregular de suas partículas, interfere nas suas massas específica e unitária, tornando-as menores do que as do agregado natural (CABRAL, 2007; LEITE, 2001; PAIXÃO, 2013; PEDROZO, 2008).

Além dos ensaios acima, determinou-se o índice de pozolanicidade do agregado cerâmico, de acordo a norma ABNT NBR 5752:2014, obtendo-se IAP=102%. De acordo com a norma ABNT NBR 12653:2015, índices iguais ou superiores a 90% indicam a pozolanicidade do material. Contudo, visto que o resíduo foi posteriormente utilizado como agregado miúdo (granulometria diferente da exigida no ensaio), acredita-se que tal característica não deva ser analisada de forma isolada. Desse modo, ressalta-se a importância de avaliar a influência deste resíduo nas argamassas a partir do efeito combinado entre a característica pozolânica e o efeito filer, conforme ressaltado por Dal

Molin (2005).

### 3.1 Métodos de ensaio

#### 3.1.1 Índice de consistência

O índice de consistência foi obtido através do método de ensaio prescrito pela norma ABNT NBR 13276:2005.

#### 3.1.2 Resistência mecânica

A obtenção das resistências à tração na flexão e à compressão deu-se através do método de ensaio prescrito pela norma ABNT NBR 13279:2005, sendo as rupturas realizadas aos 7 e aos 28 dias. Para tal, foram moldados três corpos de prova prismáticos, com dimensões de (4x4x16)cm, por idade, para a obtenção da resistência à tração na flexão e seis corpos de prova prismáticos, por idade, para a obtenção da resistência à compressão das argamassas.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Índice de Consistência

A Tabela 2 apresenta os resultados médios do ensaio de índice de consistência. Através deste – definido como uma das variáveis controláveis – pode-se determinar as relações a/agl de cada traço analisado, para cada uma das consistências desejadas, C(a): 20±1 e C(b): 24±1 cm. Na Figura 4 pode-se observar mais claramente a influência do aumento do teor de substituição sobre a demanda de água das argamassas.

Traço	Relação a/agl	Consistência atingida (cm)		
		Média	Desvio Padrão	C.V. (%)
C(a) - REF	0,60	19,83	0,2887	1,46
C(a) - 25	0,81	19,77	0,2517	1,27
C(a) - 50	1,05	21,00	0,5000	2,38
C(a) - 75	1,22	20,87	0,4041	1,94
C(a) - 100	1,50	20,17	0,2887	1,43
C(b) - REF	0,64	23,83	0,2887	1,21
C(b) - 25	0,86	24,00	0,5000	2,08
C(b) - 50	1,11	24,00	0,5000	2,08
C(b) - 75	1,32	24,67	0,5774	2,34
C(b) - 100	1,54	24,00	0,8660	3,61

Tabela 2 – Relações a/agl e consistências atingidas

Fonte: Autores (2020).

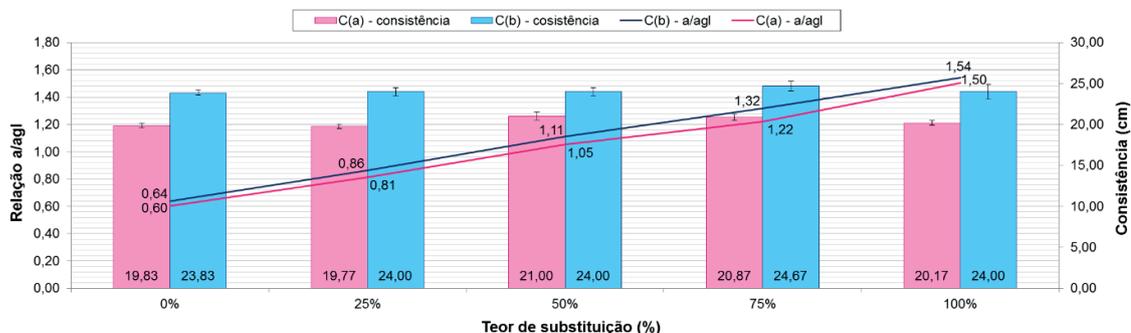


Figura 4 – Influência do teor de substituição na demanda de água das argamassas

Fonte: Autores (2020).

A partir dos resultados nota-se que, quanto maior é o teor de substituição da areia pelo agregado cerâmico, maior é a relação a/agl das misturas. Isso deve-se à maior taxa de absorção de água desse agregado – decorrente da sua superfície rugosa e porosa – que leva à retirada da água de amassamento da pasta, necessitando, assim, de uma maior demanda de água para se atingir a consistência desejada (LEITE, 2001; LIMA, 1999; PEDROZO, 2008). Assim sendo, os traços contendo os maiores teores de substituição e, conseqüentemente, as maiores relações a/agl, apresentaram melhor trabalhabilidade.

#### 4.2 Resistência Mecânica

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias dos resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, dos traços analisados, nas idades de 7 e 28 dias. Nas Figuras 5 e 6 é possível visualizar a evolução das resistências mecânicas, ao longo do intervalo de tempo avaliado.

Traço	Resistência à Tração na Flexão (MPa)						Resistência à Compressão (MPa)					
	7 dias			28 dias			7 dias			28 dias		
	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)
C(a)-REF	0,92	0,0000	0,00	2,02	0,1563	7,74	3,20	0,5404	16,89	6,30	0,8018	12,73
C(a)-25	1,07	0,1327	12,40	3,17	0,3439	10,85	4,60	0,5865	12,75	10,58	0,6964	6,58
C(a)-50	1,07	0,1327	12,40	2,98	0,2476	8,31	3,93	0,5241	13,34	9,09	1,3573	14,93
C(a)-75	1,38	0,0000	0,00	3,48	0,3323	9,55	5,22	0,2639	5,06	12,59	0,8519	6,77
C(a)-100	1,30	0,3511	27,01	3,08	0,2566	8,33	4,47	0,4803	10,74	11,42	0,6156	5,39
C(b)-REF	0,68	0,3148	46,29	1,57	0,2178	13,87	3,00	0,1754	5,85	4,67	0,4700	10,06
C(b)-25	0,89	0,1200	13,48	2,55	0,3232	12,67	2,67	0,2601	9,74	5,65	0,5697	10,08
C(b)-50	0,91	0,1097	12,05	2,39	0,1386	5,80	3,11	0,1809	5,82	8,16	0,8550	10,48
C(b)-75	1,15	0,2433	21,16	2,15	0,1501	6,98	3,32	0,1342	4,04	8,12	0,8450	10,41
C(b)-100	0,94	0,0404	4,30	1,69	0,1311	7,76	3,40	0,2772	8,15	5,52	0,4668	8,46

Tabela 3 – Resistência mecânica das argamassas

Fonte: Autores (2020).

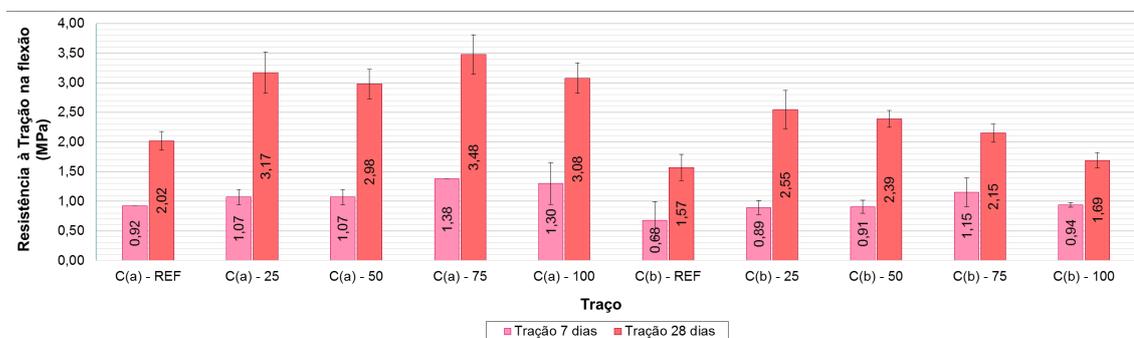


Figura 5 – Evolução da resistência à tração na flexão dos traços analisados

Fonte: Autores (2020).

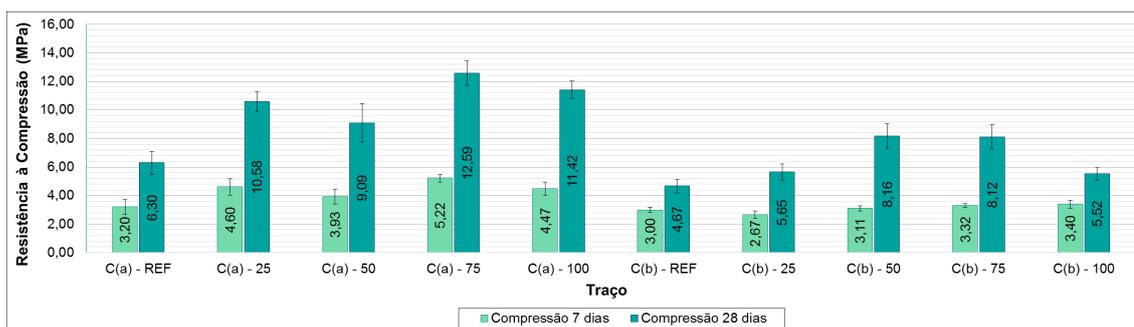


Figura 6 – Evolução da resistência à compressão dos traços analisados

Fonte: Autores (2020).

Analisando os resultados, observa-se valores de resistência, tanto à tração quanto à compressão, superiores aos traços de referência, em todas as argamassas cujo agregado natural foi substituído pelo cerâmico. Nota-se, ainda, que os resultados obtidos pelos traços com consistência C(a) são superiores às resistências atingidas pelos traços C(b), conforme esperado, dada à sua menor relação  $a/agl$  (conforme relação de *Duff Abrams*). Deste modo, verifica-se que o traço C(a)-75 – contendo 75% de agregado miúdo cerâmico – atingiu as maiores resistências mecânicas entre os 10 traços avaliados. Sua resistência à tração na flexão foi 50,00% maior do que o traço de referência, aos 7 dias, e 72,28% superior aos 28 dias, apresentando, assim, um ganho de resistência à tração de 152,17% ao longo do período analisado. Já à compressão, apresentou resistência, aos 7 dias, 63,13% maior do que a referência e, aos 28 dias, resistência 99,84% superior. Logo, o ganho de resistência à compressão, ao longo das idades analisadas, chegou a 141,19%.

Os valores crescentes de resistência mecânica observados nos traços contendo agregado miúdo cerâmico podem estar relacionados, segundo Leite (2001) e Paixão (2011), à grande porosidade, ao alto teor de absorção, à textura rugosa e à forma mais angular deste tipo de agregado. Visto que, de acordo com estes, tais características possibilitam a formação, nos poros do agregado, de cristais de hidratação do cimento, melhorando a zona de transição e, conseqüentemente, a aderência entre a pasta e os agregados, propiciando, assim, melhora do desempenho mecânico. Tal relação pode ser

evidenciada pelo ganho percentual superior para a resistência à tração (em comparação à compressão), visto que a zona de transição está relacionada de forma mais íntima a este tipo de resistência mecânica.

Além disso, o efeito combinado entre a característica pozolânica apresentada pelo agregado cerâmico e o efeito fíler também pode ter contribuído para a evolução de resistência. A presença dessas partículas pode ter modificado a microestrutura da pasta através da redução do tamanho dos grãos (efeito pozolânico) e do refinamento dos poros (efeito fíler), proporcionando maior empacotamento da estrutura porosa da argamassa fresca, ocasionando o fechamento dos vazios presentes na mistura, tornando-a mais compacta e impermeável e, conseqüentemente, influenciando na resistência mecânica no estado endurecido (ALCANTARA; NÓBREGA, 2011; CARDOSO; FORTI, 2015; CINCOTTO, 1994; DAL MOLIN, 2005; DÉ SIR *et al.*, 2005; LEITE, 2001; MATIAS; TORRES; FARIA, 2013; SILVA; BRITO; VEIGA, 2008).

Os resultados apresentados foram analisados estatisticamente, através do método de análise de variância (ANOVA), pelo *software* Excel, utilizando-se um percentual de confiança de 95%. Tal análise, apresentada na Tabela 4, foi realizada com o intuito de verificar se os fatores controláveis e suas interações atuam de forma significativa nas variáveis de resposta avaliadas. Assim, através da ANOVA pode-se observar a influência – ou não – destes fatores nas características de interesse da argamassa.

Variável	Resistência à Tração na Flexão		Resistência à Compressão	
	Valor-P	Significância	Valor-P	Significância
Teor de substituição	2,3E-09	S	8,9E-29	S
Consistência	2,2E-12	S	2,2E-38	S
Idade	5,9E-27	S	3,8E-63	S
Teor de substituição x Consistência	0,00744	S	7,6E-16	S
Teor de substituição x Idade	8E-05	S	7,8E-16	S
Consistência x Idade	12E-06	S	6,8E-18	S
Teor de substituição x Consistência x Idade	0,05553	NS	4,7E-08	S

Onde: valor-p – probabilidade de significância; S – valor significativo; NS – valor não significativo (considerando  $p < 5\%$  como efeito significativo).

Tabela 4 – Resumo da ANOVA: resistência à tração na flexão e à compressão

Fonte: Autores (2020).

A partir desta análise verificou-se que os efeitos isolados do teor de substituição, da consistência e da idade, bem como as combinações de segunda ordem, foram significativos, ou seja, influenciam na resistência mecânica das misturas. Porém, para a resistência à tração na flexão não houve interação entre as combinações de terceira ordem. Assim, observa-se que o agregado miúdo cerâmico influencia de forma positiva a resistência

mecânica das argamassas, bem como a consistência escolhida para a mistura. Logo, o uso deste agregado, em substituição ao natural, melhora essa propriedade de forma significativa de acordo com a ANOVA.

## 5 | CONCLUSÕES

As características do agregado miúdo cerâmico, como a superfície rugosa e a maior porosidade, exercem influência direta nas propriedades das argamassas no estado fresco, principalmente no que diz respeito à demanda de água. Assim, à medida que o agregado miúdo natural é substituído pelo agregado miúdo cerâmico, uma maior relação a/agl é necessária para que as argamassas atinjam as consistências desejadas. Em decorrência disso, as argamassas que contêm os maiores teores de agregado cerâmico apresentam melhor trabalhabilidade.

Tais características também interferem positivamente nas propriedades mecânicas das argamassas, proporcionando ganhos de resistência à tração na flexão e à compressão. Conjuntamente, a combinação entre a pozolanicidade, apresentada pelo resíduo cerâmico, e o efeito fíler foi fundamental para a evolução dos resultados.

Deste modo, o resíduo de cerâmica vermelha apresentou um desempenho bastante satisfatório como agregado miúdo em argamassas de assentamento. Os resultados obtidos nessa pesquisa alinham-se aos resultados de outros estudos já realizados, o que torna os resultados ainda mais relevantes.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Paloma Santos Xavier de; NÓBREGA, Ana Cecília Vieira da. Desenvolvimento de argamassas para revestimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha de Caruaru/PE como material pozolânico e/ou agregado alternativo. *In: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFPE*, n. 2, 2011, Caruaru. **Anais** [...]. Caruaru: IFPE, 17-21 out. 2011. p. 1-10.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 7251**: Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 9776**: Agregados — Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

\_\_\_\_\_. **NBR 11579**: Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 $\mu$ m (nº 200) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 30:** Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ANBT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248:** Agregados Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM ISO 3310-1:** Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, n. 4, 2001, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2001.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 2007. 254 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, 2007.

CARDOSO, Julia Thais de Oliveira; FORTI, Nádia Cazarim da Silva. Estudo para a aplicação de resíduos de cerâmica vermelha na produção de argamassas cimentícias. *In: XX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e V ENCONTRO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO*, 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: PUC Campinas, 22-23 set. 2015. p. 1-6.

CINCOTTO, Maria Alba. Aditivos. *In: MEHTA; Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais.* São Paulo: Pini, 1994b. p. 273-309. Tradução e adaptação

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Adições Minerais para Concreto Estrutural. *In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: ensino, pesquisa e realizações.* São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1. p. 345-379.

DÉSIR, Jean Marie *et al.* Avaliação da contribuição da atividade pozolânica do resíduo de tijolo moído na resistência de argamassas. *In: IAC-NOCMAT 2005: Conferência Interamericana sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável*, 2005, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABNTENC, 11-15 nov. 2005. p. 1-8.

DIAS, João Fernando. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** 2004. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Paulo, 2004.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2001.

LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 1999. 222 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MATIAS, Gina; TORRES, Isabel; FARIA, Paulina. Argamassas de cal hidráulica natural com incorporação de resíduos cerâmicos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS*, n. 10, 2013,

Fortaleza. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBTA, 7-9 maio 2013. p. 1-15.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; SELMO, Sílvia M. S. Avaliação do efeito de entulhos reciclados nas propriedades das argamassas no estado endurecido, por procedimentos racionais de dosagem. *In*: SIMPÓSIO

PAIXÃO, Cesar Alexandre Bratti. **Utilização de refugos de revestimentos cerâmicos (porcelanato e azulejo) em substituição à areia em argamassas cimentícias**. 2011. 62 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2011.

PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias**. 2013. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Projeto de Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2013.

PEDROZO, Ruben Francisco Esteche. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos**. 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, São Paulo, 1999.

REIS, Felipe José Losada. **Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregados graúdos reciclados provenientes de cerâmicas vermelhas com diferentes taxas de pré-saturação**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2013.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. 2. ed. São Paulo: ABCP, 1998. 44 p.

SILVA, J.; BRITO, J. de; VEIGA, M. Rosário. **Características mecânicas de argamassas com incorporação de agregados reciclados cerâmicos**. *Mecânica Experimental*, Lisboa, v. 15, p. 12-22, 2008.

TAIPALE, Kaarin. De Construções Quase Verdes para Construções Sustentáveis. *In*: The Worldwatch Institute. **Estado do mundo 2012: Rumo à prosperidade sustentável Rio+20**. Salvador: UMA Ed., 2012. p.143-151.

TOPÇU, Ilker Bekir; SENDEL, Hasan Selim. **Properties of concretes produced with waste concrete aggregate**. *Cement and Concrete Research*, Amsterdam, v. 34, p. 1307-1312, ago. 2004.

VALVERDE, Fernando Mendes. **Agregados para construção civil**. *In*: Balanço mineral brasileiro 2001. [s. l.]: DNPM, 2002. p. 24-38.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Campinas, 1997.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adição Mineral 1, 2, 3, 4, 7, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 31

Adiciones Minerales 62

Agregado Cerâmico 49, 53, 55, 57, 58

Análise Estrutural 193, 194, 208, 217

Argamassa 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 26, 30, 33, 46, 49, 51, 57, 58, 59, 81, 85, 86, 90, 95, 96, 97, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 121, 123, 149, 153, 157, 158, 159, 160

Argamassa de Assentamento 49, 113

Argamassas 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 25, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 79, 80, 82, 83, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 114, 115, 116, 118, 123, 130, 132

Autonivelante 1, 2, 3, 4, 9, 15, 16

Avaliação Funcional 165

### B

Baixo Custo 59, 114, 115, 239, 261

Bioetanol 64, 79, 80, 81, 95

### C

Canalização 133, 136

Cimento 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76

Colombia 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 74, 75, 76

Concreto 15, 17, 18, 19, 20, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 59, 60, 61, 62, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 95, 96, 100, 101, 105, 108, 116, 123, 128, 129, 130, 139, 140, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 161, 162, 163, 169, 199, 201, 202, 207, 208, 210, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 233, 236, 237, 269

Construção 1, 2, 3, 16, 36, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 79, 80, 86, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 122, 124, 125, 126, 130, 131, 132, 139, 141, 144, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 157, 161, 162, 163, 164, 177, 179, 185, 194, 210, 237, 243, 246, 247, 248, 250, 255, 256, 257, 259, 260, 261, 264, 265

Contrapiso 2, 3, 15, 104

### D

Demolição 49, 52, 59, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 124, 126, 132

Dimensionamento 133, 134, 135, 136, 137, 152, 197, 210, 213, 217, 221, 224, 225, 226, 229, 230, 231, 235, 237

Drenagem em Pavimentos 165

## E

Edifício Empresarial 149, 150

Elementos Finitos 209, 210, 213, 216, 217, 219, 221, 222, 223

Esgotamento Sanitário 133, 134, 135, 137

## F

Fundações 147, 209, 210, 211, 213, 223

## G

Granito (RCMG) 1, 2

## L

Laje Maciça 150, 152, 153, 154

Lignina 80, 81, 82, 83, 96

## M

Macapá 164, 165, 170, 171, 174, 175, 177, 178

## P

Patologia 33, 149, 150, 151, 162, 163, 167, 178

Pavimentos 74, 130, 151, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 175, 178, 180, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 201, 204, 205, 206, 207, 208

Pavimentos Isolados 193, 195, 197, 198, 199, 204, 205, 207, 208

Pilar 156, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 205, 206, 214, 215

Pórtico Plano 193, 195, 199, 204, 205, 206, 207, 208

## R

Recalque 138, 142, 145

Reciclagem de RCD, 49

Redes Coletoras 133, 136

Rejeito de Cobre 114, 115, 116, 117, 119, 123

Resíduo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 79, 80, 81, 82, 83, 90, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 103, 114, 115, 132

Resíduo de Corte 1, 2, 3, 4, 15

Resíduo Reciclado 2

Resistência Mecânica 12, 14, 15, 17, 49, 51, 54, 55, 56, 57, 105, 115, 116, 120

Risco 138, 139, 147, 195, 226, 251, 255

## S

Saneamento 107, 133, 134, 135, 137, 178, 182, 240, 279

Sapatas 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 223

Solo 69, 71, 123, 135, 138, 139, 141, 143, 146, 147, 166, 168, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 220, 221, 222, 240, 267, 268, 269, 272, 273, 274, 276, 277, 279

Subsistência 138, 147

Sustentabilidade 80, 115, 240

## T

Teoria da Elasticidade 209

## V

Vigas 156, 157, 195, 196, 198, 199, 201, 208, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**