



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

*Data de aceite: 01/06/2020*

*Data de submissão: 03/04/2020*

### **Raone Bruno de Oliveira Silva**

Engenheiro Civil, Centro Universitário CESMAC

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6874443503181170>

### **Renato Antônio Santos Rolim**

Engenheiro Civil, Centro Universitário CESMAC

Maceió – Alagoas

### **Marcos André Melo Teixeira**

Mestre Eng. Civil, Tribunal Regional Eleitoral de Alagoas

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1079730623613352>

### **Pedro Gustavo dos Santos Barros**

Mestre Eng. Civil, Ministério da Economia

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1278997003040330>

**RESUMO:** Um dos maiores responsáveis pela extração e consumo dos recursos naturais é o setor de construção civil. Na mesma proporção, é também um dos que principalmente respondem pela geração de resíduos sólidos, sendo os de construção e demolição (C&D) os mais significativos. A reciclagem é um caminho indispensável a

médio e longo prazo. Fazer a inserção destes rejeitos na cadeia produtiva da construção civil é uma solução para a minimização do volume de entulho gerado, além do fato que o seu reaproveitamento é uma medida viável para a redução de custos. Contudo, o resíduo de construção e demolição (RCD) varia de acordo com a cultura e necessidade de cada região, fato que implica quanto a possível viabilidade em seu reaproveitamento e, por consequência, reciclagem. Então, foi questionado se o RCD gerado em Maceió possui viabilidade, potencial e funcional, quanto ao seu uso como agregados reciclados em argamassas de revestimento e assentamento. A resposta foi dada mediante análise da composição gravimétrica de quatro amostras coletadas de entulho em distintos bairros da cidade, comprovando a sua aptidão para o uso proposto. Posteriormente, realizou-se buscas por estudos que avaliaram o comportamento das argamassas de revestimento e assentamento que utilizam agregados de RCD em sua composição. Comprovou-se então a sua viabilidade técnica e ambiental, sendo essa uma excelente alternativa para a reutilização do RCD.

**PALAVRA-CHAVE:** Resíduo de Construção e Demolição (RCD). Argamassa de Revestimento e Assentamento. Reciclagem.

## STUDY OF THE USE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE (CDW) FROM MACEIÓ, AS RECYCLED AGGREGATES IN COATING AND SEALING MORTARS

**ABSTRACT:** One of the major responsible for the extraction and consumption of natural resources is the construction sector. In the same proportion, it is also one of those that mainly respond for the generation of solid residues, being those of construction and demolition (C&D) the most significant. Recycling is an indispensable path in the medium and long term. Inserting these wastes into the civil construction productive chain is a solution to minimize the volume of rubbish generated, besides the fact that its reuse is a viable measure for reducing costs. However, the construction and demolition waste (CDW) varies according to the culture and need of each region, which implies the possible feasibility in its reuse and, consequently, recycling. It was then questioned whether the CDW generated in Maceió has potential and functional feasibility for its use as recycled aggregates in coating and settlement mortars. The answer was given by analyzing the gravimetric composition of four samples collected from rubble in different districts of the city, proving their suitability for the proposed use. Afterwards, it was searched the studies that assessed the performance of coating and settlement mortars that use aggregates of construction and demolition residues in their composition. Its technical and environmental viability proved to be an excellent alternative for the reuse of CDW.

**KEYWORDS:** Construction and Demolition Waste (CDW). Coating and settlement mortars. Recycling.

### 1 | INTRODUÇÃO

Um dos maiores responsáveis pela extração e consumo dos recursos naturais é o setor de construção civil. Na mesma proporção, é também um dos que principalmente respondem pela geração de resíduos sólidos, sendo os de construção e demolição (C&D) os mais significativos.

A destinação correta para tais rejeitos seriam em aterros específicos após uma pré-avaliação quanto a um possível reuso ou reaproveitamento. Quando descartado das construções, como material praticamente inerte, o entulho causa ônus e problemas associados ao seu volume, que geralmente é bastante significativo, chegando a ocupar em torno de 50% do volume total dos aterros públicos de algumas cidades brasileiras (IPT, 2000).

Em meio às inúmeras obras de incentivo à habitação popular, reforços no processo de recuperação e ampliação da infraestrutura brasileira, há a necessidade de um controle maior quanto às sobras desse setor, uma vez que o seu expressivo volume diminui a vida útil dos aterros sanitários e a disponibilidade de espaços para bota-foras está cada menor.

A reciclagem é um caminho indispensável a médio e longo prazo, contudo, os agregados reciclados de RCD (resíduo de construção e demolição) geralmente são utilizados somente em atividades de pavimentação e em obras públicas, que tem a

capacidade de absorver o equivalente a 30% do total de resíduos gerados (SILVA, SILVA, s.d.).

Nesse sentido, a utilização de agregados reciclados em argamassas de revestimento e assentamento surge como alternativa para atender à enorme demanda de materiais inertes utilizados nestes serviços, uma vez que esse material apresenta desempenho adequado, conforme vários trabalhos publicados sobre o tema (PINTO, 1998).

Além disso, o seu uso promove a diminuição de custos, ajuda a solucionar parte do problema de destinação final deste material e contribui para a melhoria das condições ambientais do país (SANTANA *et al.*, 2001).

A cidade de Maceió possui atualmente mais de 1 milhão de habitantes, a expansão imobiliária na capital alagoana é crescente, apresentando como consequência um elevado índice de geração de resíduos da construção civil, necessitando, assim, de medidas urgentes de controle, de gerenciamento e soluções adequadas em caráter permanente para os resíduos já mencionados.

A inserção desses rejeitos na cadeia produtiva da construção civil é uma solução para a minimização do volume de entulho gerado, além do fato que a sua transformação em agregado é uma medida viável para a redução de custos da construção.

Contudo, os citados resíduos variam de acordo com a cultura e necessidade de cada região, fato que implica quanto a possível viabilidade em seu reaproveitamento e, por consequência, reciclagem. Assim, foi questionado se os resíduos de construção e demolição gerados em Maceió possuem viabilidade potencial quanto ao seu uso como agregados reciclados em argamassas de revestimento e assentamento.

## 2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada na parte inicial deste projeto tratou-se de pesquisa científica descritiva, analisando e interpretando os dados obtidos em livros, periódicos, revistas técnicas, dissertações, e entre outros meios, de forma a compor o referencial teórico da pesquisa.

A segunda etapa do projeto contemplou ações de campo, onde foram feitas coletas de amostras dos resíduos de construção e demolição em diferentes pontos da cidade de Maceió para realização da caracterização.

Para caracterizar os resíduos de construção e demolição, quanto a sua composição, foi utilizada a metodologia da determinação gravimétrica, se valendo do processo de quarteamento instituído pela NBR NM 27/2001 – “Agregados – Redução da mostra de campo para ensaio de laboratório”. Foram obtidas amostras de diversos locais da cidade, sendo procedida a caracterização e registro do local de retirada da amostra; estas foram retiradas com base na NBR 10.007/2004 – “Amostragem de resíduos sólidos”, que fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos.

Para a caracterização granulométrica do resíduo utilizou-se a metodologia trazida na NBR NM 248/2003 – “Agregados – Determinação da composição granulométrica”, que prescreve o método para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos para concreto.

De posse desses primeiros resultados, a pesquisa definiu se os rejeitos estudados possuíam a capacidade para reciclagem. Comprovada a exequibilidade, o projeto realizou buscas por estudos que identificavam quais são as principais propriedades das argamassas de revestimento e assentamento, assim como avaliaram o comportamento daquelas que utilizam agregados de RCD em sua composição comparadas com o das ditas convencionais.

### **3 | RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)**

#### **3.1 A geração e os impactos do RCD**

A cidade de Maceió encontra-se em intensa urbanização, e em virtude de tal crescimento desordenado, nota-se diariamente um aumento na geração de resíduos de construção e demolição (RCD), que são frequentemente destinados ao aterro sanitário, onde os resíduos são convertidos apenas em material para base e sub-base em obras de pavimentações, ou então dispostos em depósitos clandestinos, leitos de rios, vias ou calçadas, terrenos baldios, entre outros locais impróprios.

Sem possuir um investimento e incentivo maior para o seu reaproveitamento e reciclagem, o citado rejeito também acarreta em impactos econômicos. Levando-se em conta o seu expressivo volume, os gastos necessários quanto ao seu devido manejo e tratamento são altos, e são, principalmente, assumidos pelo Poder Público.

Outro ponto a ser considerado, é que “por não apresentarem mau cheiro, em um primeiro momento os resíduos de construção civil (RCC) parecem não oferecer riscos à saúde, o que é uma ideia equivocada. Dependendo da sua composição podem existir materiais nocivos, há também a poluição visual, a degradação da área urbana e o fato de ser um atrativo para animais vetores de doenças (SILVA, TEIXEIRA, 2012)”.

#### **3.2 Classificação do RCD**

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2004, os resíduos de construção civil são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc; comumente chamado de entulho de obras, caliça ou metralhas.

Por sequência reaproveitamento e reciclagem, faz-se necessário uma divisão por classes, onde a citada resolução refere-se da seguinte forma:

Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassas e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas, reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Em se tratando da destinação, a resolução referida completa:

Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;

Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo disposto de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

### 3.3 Caracterização e variação do RCD

A caracterização consiste na etapa em que após classificação, é conhecido o quantitativo e a espécie de cada material que compõe o RCD. Ela pode ser realizada mediante análise de parâmetros químicos ou físicos. A caracterização física auxilia, por exemplo, ao reconhecimento daquele componente que possui maior colaboração quanto ao volume de descarte; enquanto que a química identifica possíveis nocividades do entulho. Por seguinte, ambas são importantes para o preparo de estudos que tratem da reaplicação e da reciclagem para com os rejeitos pesquisados.

Deve-se considerar que o estágio em que a edificação se encontra é outro agente



causador de mudanças quanto ao tipo e a quantidade do resíduo gerado. Para Almeida e Albuquerque, 2008, a distinta variação entre a composição física e a quantidade dos resíduos de construção e demolição entre as cidades se deve a diversos fatores, que possuem peculiaridades às circunstâncias locais como: avanço econômico e tecnológico da região; demanda por novas construções; nível de desenvolvimento da indústria da construção civil local; qualidade e treinamento da mão de obra disponível; técnica de construção e de demolição empregada; adoção de programas de redução de perdas e desperdícios e da melhora da qualidade; adoção de processos de reciclagem com reutilização dos materiais predominantes disponíveis na região.

### 3.4 Gerenciamento do RCD

A Resolução CONAMA 307, através de critérios e procedimentos, expõe orientações para o gerenciamento de resíduos sólidos. Esse gerenciamento envolve ações, de modo direto ou indireto, em atividades relacionadas à coleta, transporte, tratamento, destinação e disposição finais ambientalmente adequadas dos rejeitos.

Isso faz com que outras pessoas, físicas ou jurídicas, estejam envolvidas com o manejo do RCC. Contudo, a resolução é clara e objetiva ao indicar que a responsabilidade pelo RCC é do gerador. Mesmo assim, os demais envolvidos ainda possuem as suas obrigações e também respondem pelas próprias ações e/ou inclusive as dos outros.

Embora a responsabilidade pela destinação correta dos resíduos seja do gerador, seja ele público ou privado, de acordo com a resolução CONAMA nº 307 de 2004, pequenos geradores não respeitam essa determinação, causando situações de deposição desse material em vias públicas, terrenos baldios ou a beira de córregos. Essa degradação da paisagem urbana estimula a criação de pequenos lixões a céu aberto que contribuem para a proliferação de vetores de doenças e o entupimento dos sistemas de drenagem (FILHO, TORRES, 2012).

Desse mesmo modo, o município responsabiliza-se, junto aos Estados, com a elaboração de um Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, que deverá fornecer informações quanto às obrigações de pequenos e grandes geradores de RCC e a parte documental quanto à liberação de áreas, públicas ou privadas, aptas para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos rejeitos em questão.

Através do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil as construtoras devem se basear na preparação de seu Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC). Por sua vez, o PGRCC deve levar em consideração ações que busquem soluções para o RCC produzido sob perspectiva do desenvolvimento sustentável e, primeiramente, difundir a não geração de resíduos.

### 3.5 Reciclagem do RCD

Em se tratando do Brasil, o mercado da reciclagem de entulho anda a passos lentos. Apenas algumas práticas relacionadas ao reaproveitamento e reciclagem são aplicadas

dentro do canteiro; as mais comuns são a utilização do material de escavação para reaterros e a destinação de materiais que não possuem utilidade direta na obra, mas são passíveis para a reciclagem fora do canteiro, para centros de reciclagem.

O ideal seria se a reutilização e reciclagem na obra do RCD fossem práticas constantes e incorporadas ao dia a dia das construtoras como parte integrante do planejamento e execução das obras. Porém, no Brasil essa prática ainda é vista como uma sobrecarga de trabalho e até mesmo como empecilho para o bom andamento dos serviços e seus prazos (LIMA, LIMA, s.d.).

Outro ponto que evidencia a situação desfavorável à temática está relacionado aos procedimentos típicos na demolição convencional, onde os materiais são removidos de modo geral e não por etapas em que haja uma separação por categoria, fato que possibilita, desde já, a segregação por classe e um resíduo livre de contaminação.

A reciclagem de resíduos da construção civil agrega valor ao entulho e reduz significativamente o volume da deposição de rejeitos, aumentando o tempo útil de vida dos aterros e minimizando também a exploração de recursos naturais.

De acordo com Silva e Teixeira (2012), instituir incentivos fiscais para as empresas que beneficiam os RCCs, as chamadas Usinas de Reciclagem, é uma das maneiras de estimular a reutilização e a reciclagem deste material, onde tais incentivos devem ser no âmbito dos impostos municipais e estaduais, possibilitando uma ação conjunta entre os entes governamentais e potencializando os ganhos ambientais e sociais, pois, conseqüentemente irão surgir novos postos de empregos, nestas novas empresas.

Ainda segundo os últimos autores citados, os entes governamentais devem maximizar as suas ações de fiscalizações, não só para empresas que transportam os RCCs, mas também para as empresas geradoras, pois tal atuação assegura um material de qualidade superior, totalmente segregado, oportunizando uma taxa maior de reciclagem deste resíduo.

## **4 | AS ARGAMASSAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

### **4.1 Definições, composições e uso**

Segundo Baía e Sabbatini (2001), entre vários componentes que constituem uma edificação, as argamassas fazem parte das vedações verticais e horizontais; e, assim como os demais elementos básicos de uma edificação, deve cumprir as suas funções específicas para contribuição do desempenho final da obra.

A NBR 13281/2005 define argamassa como “Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

Para que as argamassas tenham um adequado desempenho é necessário primeiro que se tome conhecimento para qual finalidade a mesma terá. De posse dessa informação é possível obter a sua composição e dosagem (traço), visto que os materiais e proporções de seus componentes implicam diretamente quanto ao seu desempenho

A composição de uma argamassa está relacionada à que tipo de materiais serão necessários para sua preparação; enquanto que a dosagem está ligada as proporções desses componentes, sendo a dosagem comumente conhecida por traço. O traço é medido em volume e sempre é indicado com base do volume de aglomerante para o agregado. Parâmetros físico-químicos também são levados em consideração de modo que assegurem as propriedades da argamassa preparada.

O traço em peso nos daria segurança absoluta quanto à qualidade da argamassa e quantidade no consumo e apropriação de custos. Todavia, é impraticável no canteiro de obra.

Os traços das argamassas são tradicionalmente indicados em volumes.

Assim, uma argamassa de cimento e areia 1:3 significa que no seu preparo entra um volume de cimento para cada três volumes de areia. Quanto a esta é imprescindível que se adicione a informação sobre o seu teor de umidade, ou se se trata de areia seca. E isso devido ao fenômeno do inchamento da areia em função do teor de umidade (FIORITO, 1994).

Por esse motivo as argamassas industrializadas tornaram-se comuns nos canteiros de obras, visto que as dosagens e composição são garantidas por seus fabricantes. Mesmo com essas garantias, quando as argamassas são aplicadas em revestimentos a elaboração de projetos dentro do mesmo segmento é imprescindível.

Conforme Baía e Sabbatini (2001), o projeto do revestimento é de suma importância para que se alcance o melhor desempenho deste revestimento, significando um aumento na qualidade e produtividade, redução das falhas, desperdícios e custos.

Os autores completam que esse projeto deve ser preparado considerando um conjunto de informações do revestimento desejado junto às condições quais serão sujeitas, tendo por fim todas as definições quanto às características de sua forma de produção, além das características dos materiais a serem empregados.

## 4.2 Funções e classificação

A classificação das argamassas pode vir a ser feita por diferentes parâmetros. Segundo Costa (2010), elas podem estar divididas de acordo com a sua finalidade, aplicação, propriedades especiais, tipo de aglomerante, teor de aglomerantes, quantidade de aglomerantes, natureza do aglomerante, consistência e forma de preparo.

Para este trabalho definiremos apenas quanto a finalidade; logo, as argamassas se separam em:

- a. em revestimento de piso, contrapiso;

- b. assentamento, em alvenaria, revestimentos cerâmicos (argamassas colantes);
- c. rejuntamento, revestimentos cerâmicos, rochas ornamentais;
- d. argamassa armada;
- e. recuperação de estruturas, como a argamassa de reparo.

Para Baía e Sabbatini (2001), as argamassas de revestimento são responsáveis por importantes funções, na qualidade de: proteger os elementos de vedação da edificação da ação direta de agentes agressivos; auxiliar as vedações a efetuar suas funções, como por exemplo, isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases; regularização da superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequando o recebimento de outros revestimentos ou tornar-se o acabamento final; contribuir para a estética da fachada.

Ainda de acordo com os autores mencionados acima, não cabe ao revestimento com argamassa ocultar imperfeições abusivas da base, muitas vezes desaprumada e desalinhada devido à má execução na fase de estrutura e alvenarias, visto que tal prática compromete o desempenho adequado e real das funções do revestimento.

#### **4.3 Propriedades das argamassas**

Para desenvolver um adequado desempenho, as argamassas devem manifestar, simultaneamente, uma reunião de propriedades tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Para Baía e Sabbatini (2001), através do entendimento dessas propriedades e conhecimento dos fatores que influenciam a sua obtenção é possível prever o comportamento das argamassas em diferentes situações.

Conforme os últimos autores mencionados, as principais propriedades da argamassa no estado fresco são: massa específica e teor de ar, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem; enquanto no estado endurecido: aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, resistência ao desgaste e durabilidade.

#### **4.4 Produção e propriedades das argamassas com agregados reciclados**

Segundo Almeida e Albuquerque, 2008, depois do concreto, o uso de argamassa composta por agregados reciclados vem se tornando um importante aliado na reciclagem de RCD; por seqüência, nota-se o crescente estudo sobre a utilização de RCD em argamassas e concreto onde a substituição de agregados naturais é feita por agregados reciclados de forma parcial e inclusive total.

Essas reciclagens são possíveis quando há predominância de resíduos classe A; ricos em compostos cerâmicos, argamassas e concreto. A substituição do agregado natural pelo agregado reciclado se deve através da trituração do entulho até que chegue a

granulometria semelhante ao composto natural. Enquanto que os estudos são realizados mediante ensaios que avaliam os comportamentos das argamassas compostas por resíduos recicláveis, elaboradas em diferentes traços e distintas proporções, comparadas as argamassas ditas convencionais diante as suas propriedades físicas e mecânicas nos estados fresco e endurecido.

Levy (1997) realizou experimentos utilizando quatro tipos de materiais que compõem o entulho, processando-os em moinho de rolo. Foram, então, produzidos 8 diferentes tipos de argamassas com o material processado. A partir desses estudos, foi observado que a utilização de agregados reciclados permitiu uma redução de 30% no consumo de cimento da argamassa e um incremento nas propriedades mecânicas, em função do teor de materiais cerâmicos presentes no entulho. Os resultados desse trabalho demonstram que a utilização do agregado reciclado miúdo para a produção de argamassas apresenta vantagens, principalmente pela redução no consumo de cimento.

Hamassaki; Sbrighi; Florindo (1996) avaliaram a influência do agregado reciclado nas argamassas, partindo de um traço referência 1:6 (cimento: areia, em volume) com uso de cal. Esses estudos mostram um incremento na resistência à compressão das argamassas aos 28 dias, quando é usado o agregado reciclado. Não foi avaliada a influência do agregado reciclado na retenção de água, uma vez que a cal interfere significativamente nessa propriedade.

Silva *et al.* (1997) estudaram quatro traços experimentais de argamassas com adição de agregado reciclado numa obra de Salvador. Essas argamassas apresentaram comportamento satisfatório no estado fresco e endurecido, evidenciando uma redução no consumo de cimento.

Recentemente, Miranda (2000) analisou parâmetros que podem prevenir a fissuração de revestimentos de argamassas que contêm agregado reciclado. Avaliou, para tal, fatores relativos ao tipo de entulho, sua proporção nas argamassas e o tipo de técnica construtiva utilizada para esses revestimentos (SANTANA, *et al.*, 2001).

**Percebe-se então que a produção de argamassas com agregado reciclado não apresenta diferenças significativas das argamassas convencionais. Pois, a depender das propriedades analisadas, os estudos realizados encontraram desempenho melhor nas argamassas compostas com material reciclado, onde inclusive Santana, et al., (2001), destaca que 50% seja o teor mais indicado para substituição do agregado natural pelo recuperado.**

No estado fresco, as argamassas com adição de agregado reciclado apresentaram consistência adequada. Entretanto, à medida em que se aumentou o teor de agregado reciclado, houve uma significativa perda de água ao longo do tempo, o que diminuiu a trabalhabilidade durante o processo de aplicação e acabamento.

No estado endurecido, as argamassas com agregado reciclado apresentaram desempenho adequado, destacando-se a resistência a tração, superior ao limite estabelecido na NBR 13749, e a absorção de água por capilaridade e sob baixa pressão, inferior à das argamassas base [...] (SANTANA, *et al.*, 2001).

**Ainda assim, verifica-se também a importância de alguns cuidados necessários quanto ao manuseio de agregado reciclado em argamassas, ou para outra finalidade. O controle de absorção de água é um exemplo visto que o material reciclado já possui certa**

porcentagem de pozolana em sua composição. Outro ponto determinante relaciona-se com as características do entulho, que pode apresentar variações quanto a sua composição ao longo do tempo ou de acordo com a sua região de origem.

Tal fato aponta como é importante à busca de critérios que caracterizem com maior precisão a matéria resultante da reciclagem do RCD, fornecendo assim maior entendimento quanto ao seu comportamento mediante ao seu uso, diante da apresentação de diferentes composições quando o entulho for rico em algum componente específico.

## 5 | ANÁLISE DO ENTULHO GERADO EM MACEIÓ: ESTUDO EXPERIMENTAL

A fim de conduzir o conhecimento necessário ao desenvolvimento deste estudo e responder o problema proposto, foram realizadas algumas coletas de RCD gerados em Maceió para posterior caracterização e análise gravimétrica.

Para este fim aplicou-se a caracterização física. Na qual, como dito anteriores, essa prática traduz o percentual de cada componente dos resíduos em relação ao peso total da amostra analisada e ajuda a identificar aqueles componentes que possuem um volume mais significativo quanto aos demais.

### 5.1 Metodologia utilizada

O desdobramento desta etapa da pesquisa se fez por meio de: escolha do universo amostral, definição do método para a caracterização dos resíduos e a realização do ensaio de espalhamento com argamassa composta por agregado reciclado de RCD.

Para a escolha do universo amostral foram definidos 04 (quatro) bairros cujas amostras de resíduos representariam a geração de resíduos de construção e demolição do município de Maceió. A Figura 1 apresenta dois dos pontos de descarte onde houve a coleta das amostras. A imagem da lateral esquerda refere-se ao bairro Poço, nas proximidades do prédio do Serviço Social do Comércio (SESC); enquanto que a imagem da lateral direita exibe o bairro do Farol, nas dependências da sede da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL).



Figura 1 – Pontos de descartes onde houve coleta de amostras para caracterização (Arquivo nosso (2013))

A escolha dos bairros teve como critério suas diferenças socioeconômicas e a manifestação, em maior ou menor intensidade, quanto ao número de obras presentes na região. Outras amostras foram coletadas, mas foram descartadas por apresentarem um alto grau de contaminação com matéria orgânica. A identificação das amostras é mostrada em resumo no Quadro 1 abaixo:

AMOSTRA	BAIRRO	RUA	PONTO DE REFERÊNCIA
1	Barro Duro	Avenida Juca Sampaio	Auto Posto Bariloche
2	Poço	Rua da Vitória	Próximo ao SESC Poço
3	Farol	Rua do Sossego	CASAL
4	Feitosa	Avenida Governador Lamenha Filho	Residencial Artemísia

Quadro 1 – Identificação dos pontos de coleta das amostras (Elaborado pelos autores (2013))

Em cada local de coleta foram utilizados: saco de náilon, pá, fita crepe e caneta piloto. A coleta consistiu em homogeneizar o entulho antes de efetuar a coleta, recolher aproximadamente 20 quilogramas de RCD em cada ponto de descarte, em seguida lacrar o saco de náilon com fita crepe e anotar com a caneta piloto o número da amostra correspondente ao local da coleta na fita.

As amostras coletadas foram encaminhadas para o laboratório do Centro Universitário CESMAC (Centro de Estudos Superiores de Maceió), para levantamento de sua composição gravimétrica. Para esse momento, os seguintes equipamentos foram utilizados: peneira metálica com bandeja, colher de pedreiro, baldes de 15 litros, bacias plásticas, e balança.

Dentro do laboratório foram realizados os seguintes procedimentos: homogeneização e quarteamento da amostra; escolha de duas parcelas da amostra quarteada resultando um peso de aproximadamente 10 quilogramas; peneiramento manual da amostra, com peneira que separa agregado graúdo e miúdo com dimensão de 50x50cm de tela com 4,8 milímetros, apresentado na Figura 2 (esquerda); segregação dos materiais graúdos constituintes em grupos reciclável para o uso da pesquisa (argamassa, cerâmicos, concreto) e rejeitos (solos, gesso, papel, plástico e madeira), também apresentados na Figura 2 (direita).

Ainda em laboratório, ocorreu a pesagem individual de cada constituinte, anotação dos valores pesados; e posteriormente cálculo dos respectivos percentuais e da composição gravimétrica.

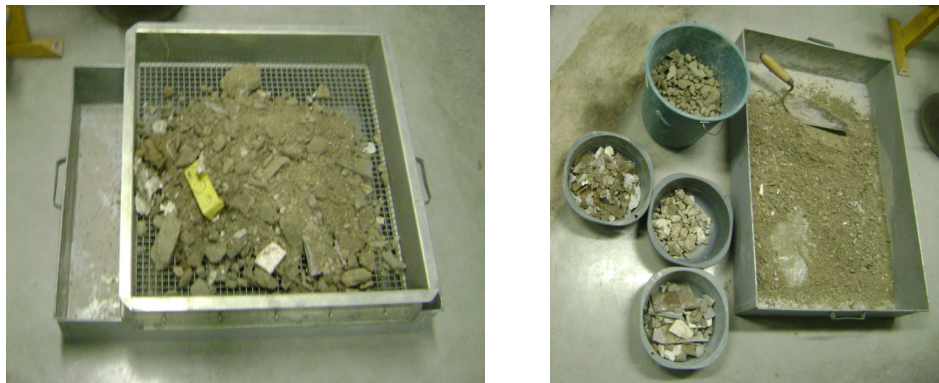


Figura 2 – Peneiramento da amostra coletada (esquerda) e segregação do entulho por componente (direita - Arquivo nosso (2013))

É importante salientar que tanto o quarteamento quanto a segregação do entulho por classes foram feitos apenas de forma visual e manual, sem uso de demais tecnologias. Inclusive, denominou-se “outros” os demais componentes como: papel, plástico, pedaços de vidro ou metais, fios, madeira e materiais orgânicos.

## 5.2 Composição gravimétrica

As amostras coletadas apresentaram os resultados seguintes (Figuras 3 a 8):

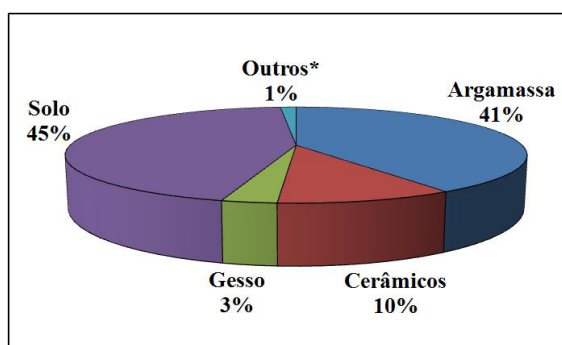


Figura 3 – Composição gravimétrica: Amostra 1 (Elaborado pelos autores (2013))

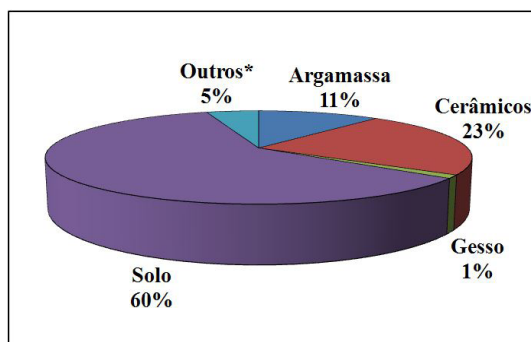


Figura 4 – Composição gravimétrica: Amostra 2 (Elaborado pelos autores (2013))



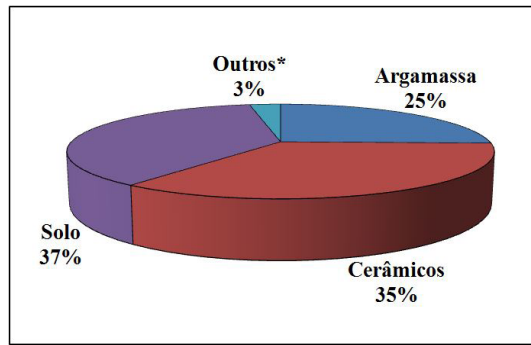


Figura 5 – Composição gravimétrica: Amostra 3 (Elaborado pelos autores (2013))

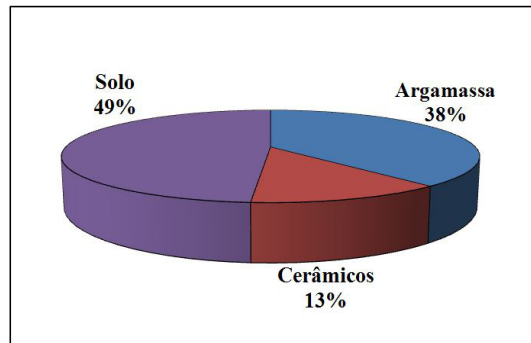


Figura 6 – Composição gravimétrica: Amostra 4 (Elaborado pelos autores (2013))

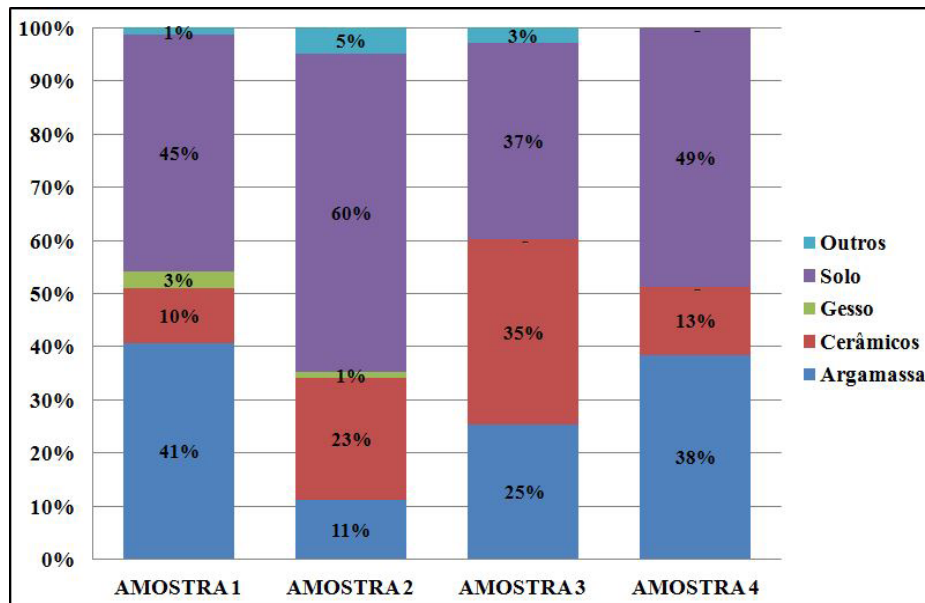


Figura 7 – Comparativo entre as composições das amostras (Elaborado pelos autores (2013))

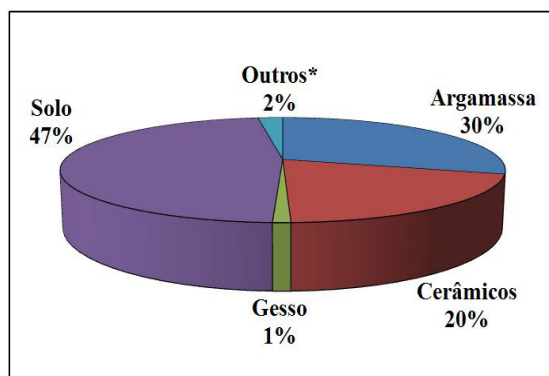


Figura 8 – Composição gravimétrica média das amostras (Elaborado pelos autores (2013))

### 5.3 Conclusão dos resultados

Diante dos gráficos elaborados com os resultados das composições gravimétricas é possível confirmar a aptidão do uso do entulho gerado na capital alagoana como agregado para argamassas de revestimento e assentamento.

Através da Figura 8, apresentada acima, é possível encontrar um resumo e o comparativo entre as quatro amostras coletadas. Com exceção da Amostra 2, as demais apresentam na sua composição maior concentração dos componentes oriundos de argamassa e compostos cerâmicos, elementos que são selecionados para a trituração e origem do material agregado reciclado de RCD.

Contudo, vale lembrar que as amostras coletadas foram retiradas diretamente das disposições encontradas nas ruas da cidade de Maceió. Esse fato possibilita diretamente em uma variação caso as amostras fossem retiradas propriamente nos canteiros de obras. Assim, como merece ser destacado que a realização dos experimentos foi apenas física e sem uso de tecnologia alguma.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de RCD gerado na cidade de Maceió possui um significativo potencial para reciclagem. Os resultados encontrados na composição gravimétrica deste trabalho tornam possível tal afirmação e são reforçados pelas pesquisas. Apesar disso, o percentual de reaproveitamento de RCD varia de acordo com a política de gestão dos resíduos adotada nas construtoras, já que, nas obras de reforma e na construção informal a prática é desconhecida.

A falta de conhecimento por parte dos geradores informais quanto às normas e leis referentes aos cuidados que se deve ter com os resíduos de construção e demolição acarreta na disposição inadequada desses rejeitos. O descarte feito em locais impróprios muitas vezes implica na contaminação do entulho e conseqüentemente mais ônus para o tratamento e posterior reciclagem. Quando os resíduos são segregados desde a origem, vão apresentar um maior percentual para reaproveitamento futuro.

É urgente a necessidade de incentivar uma efetiva educação ambiental e o surgimento de centrais ou usinas de reciclagem de RCD na cidade de Maceió, quer sejam implantadas por iniciativa privada ou pelo poder público a fim de amenizar os problemas oriundos do grande volume de entulho.

Referente à reciclagem dos resíduos de construção e demolição percebe-se que não é algo recente para o mundo, visto que há históricos de tal prática após a segunda guerra mundial, enquanto que no Brasil este segmento ainda se apresenta como um mercado incipiente.

Quanto à utilização do RCD reciclados em argamassas de assentamento e

revestimento, inicialmente pretendia-se a elaboração de ensaios que analisassem o comportamento das argamassas convencionais comparadas as que fossem preparadas com diferentes proporções de agregados reciclados em sua composição.

Contudo não foi possível realizar os ensaios porque os equipamentos necessários aos testes não estavam disponíveis ao uso no laboratório da instituição. A prensa hidráulica estava sem funcionamento, não podendo romper os corpos de provas, e a mesa de espalhamento estava em manutenção, não sendo possível verificar a consistência das argamassas estudadas.

Mesmo assim, buscou-se na literatura de livros, artigos, dissertações, revistas técnicas e afins, identificar a viabilidade funcional e possíveis empecilhos da utilização de agregados de RCD reciclados em argamassas de assentamento e revestimento. Comprovou-se então a sua viabilidade técnica e ambiental, sendo essa uma excelente alternativa para a reutilização do RCD, diminuindo os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrente do acúmulo desses resíduos em aterros sanitários ou depósitos inadequados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ana Paula B. de; ALBUQUERQUE, André Freitas de. **A utilização de resíduos cerâmicos de blocos de construção reciclados na fabricação de argamassas de assentamento**. Monografia (Graduação) – Centro Universitário CESMAC. Maceió, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT: 2005.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras, 2.ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002** – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da Construção Civil. 2002.

COSTA, Marienne do Rocio de Melo Maron da. – **Tecnologia de argamassas**. Projeção Visual. 2010. 81 Diapositivos: color. Em: <[http://www.dcc.ufpr.br/wiki/images/8/85/TC034\\_Argamassas\\_Marienne.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/wiki/images/8/85/TC034_Argamassas_Marienne.pdf)>. Acesso em: 12 mai 2013.

FILHO, João Alexandre Paschoalin; TORRES, Levi. **Manual de Programa de Qualidade Abrecon/ UNINOVE – Q1**. Convênio: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – Abrecon/ Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, 2012.

FIORITO, Antonio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Lixo municipal**: Manual de gerenciamento integrado. 2. Ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

LIMA, Rosimeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. **Resíduos Sólidos**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná – CREA-PR.

Em: <<http://www.crea-pr.org.br/crea3/blog/cadernos/residuos.pdf>>. Acesso em: 27 abr 2013.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Manual de uso dos resíduos de construção reciclados**. São Paulo: I&T, 1998.

SANTANA, M. J. A., CARNEIRO, A. P. e SAMPAIO, T. S. **Uso do Agregado Reciclado em Argamassa de Revestimento**. Salvador: EDUFBA, 2001.

SILVA, Eder Melo da Trindade; SILVA, Antônio Sérgio Ramos da. **Utilização de RCD reciclado como agregado na produção de argamassa de assentamento**. Em: <[http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Finfo.ucs.br%2Fbanmon%2FArquivos%2FArt3\\_0082.doc&ei=l6FEUZXmL67C4APaoYCwDQ&usg=AFQjCNFkh1B4nlyASWejvrOugqvsJJNrIQ&sig2=\\_c1mn0c2SfmLMicA5AANcw&bvm=bv.43828540,d.eWU](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Finfo.ucs.br%2Fbanmon%2FArquivos%2FArt3_0082.doc&ei=l6FEUZXmL67C4APaoYCwDQ&usg=AFQjCNFkh1B4nlyASWejvrOugqvsJJNrIQ&sig2=_c1mn0c2SfmLMicA5AANcw&bvm=bv.43828540,d.eWU)>. Acesso em: 13 mar 2013.

SILVA, Raone Bruno de Oliveira; TEIXEIRA, Marcos André de Melo. **Análise da gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição, na cidade de Maceió, após a implantação do aterro sanitário da cidade**. Artigo. Centro Universitário CESMAC. Maceió, 2012.

## 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**