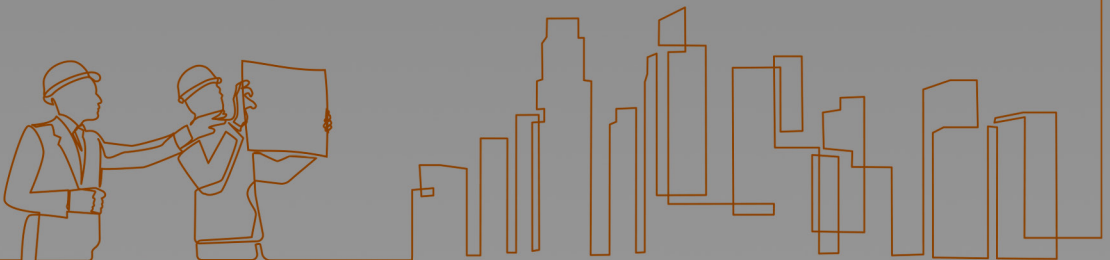


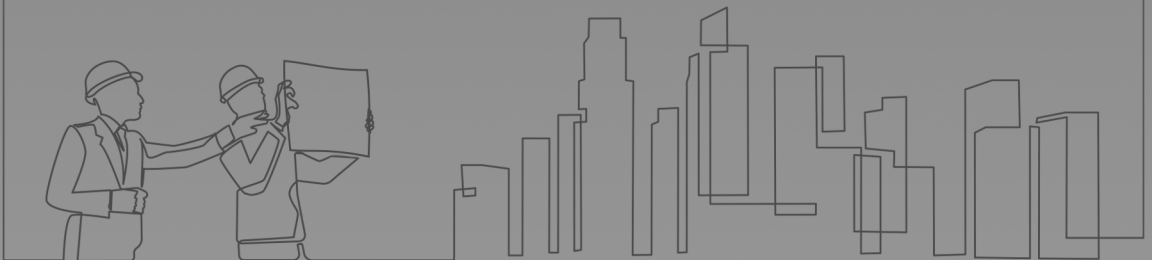
# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco  
(Organizadores)**



# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco  
(Organizadores)**



**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Tecnologia em materiais e processos construtivos

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255 Tecnologia em materiais e processos construtivos /  
Organizadores Edna Alves Oliveira, Luiz Antônio  
Melgaço Nunes Branco. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-589-1

DOI 10.22533/at.ed.891201811

1. Tecnologia. 2. Materiais e processos construtivos. I.  
Oliveira, Edna Alves (Organizadora). II. Branco, Luiz Antônio  
Melgaço Nunes (Organizador). III. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

## APRESENTAÇÃO

O homem sempre buscou na natureza, esse rico conjunto de elementos envolvendo mares, rios, lagos, terras, flora e fauna, sua capacidade de sobrevivência. Primitivamente caçando e coletando, vivendo no nomadismo até o surgimento das primeiras comunidades, quando sua capacidade e habilidades lhe permitiram perceber que não havia mais necessidade de tantos deslocamentos. A ideia de recurso como insumo estava clara. Havia abundância de materiais e com adequação ferramental a vida evoluía. Era o início de conquistas e realizações na área do conhecimento humano. Ocorriam, portanto, os primeiros passos no campo da experimentação científica, fato que permitiu, ao longo do tempo, a expansão da visão de mundo, bem como o domínio e controle cada vez mais maior dentro de uma vida já em sociedade.

Dentre as várias áreas do saber que evoluíram desde então, surge a engenharia como uma grande aplicadora desse conhecimento, transformando os recursos naturais ou gerando bens que são necessários e largamente utilizados para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, a técnica, a metodologia e a instrumentação no mundo são uma constante e embasam toda a vida humana contemporânea. E tomada, então, como referencial, a tecnologia requer um olhar atento sobre o qual o trabalho repousa. Atualmente, o método científico tende a ser dominante e hegemônico, caracterizando-se por uma ciência experimental, por isso, a instrumentação e a medição são formas de garantir a confiabilidade de resultados. Para tal e perante tantas possibilidades de materiais, técnicas e ensaios, é necessário aprender a lidar com o novo que emerge a cada momento. Um dos paradigmas da educação que se aplica, nesse caso, é a formação de profissionais sobretudo na área tecnológica não apenas dotando-os de elementos técnicos para dominar uma realidade, mas permitindo-lhes compreender o significado e tendências dessa mesma realidade.

Nesse sentido, esta publicação é uma modesta contribuição a esse processo de formação e todos capítulos são oriundos de atividades de pesquisas desenvolvidas e conduzidas diretamente pelos autores.

Os organizadores desejam expressar agradecimentos a todos que graciosamente se dispuseram a colaborar nesta publicação e esperam que a leitura possa ser enriquecedora e fonte de inspiração.

Edna Alves Oliveira

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Belo Horizonte, agosto/2020

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Cynara Fiedler Bremer  
Mariana Tonini de Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.8912018111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS SUBTILIS**

Gláucia Nolasco de Almeida Mello  
Samuel Ângelo Santiago

**DOI 10.22533/at.ed.8912018112**

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **COMPORTAMENTO AO CISALHAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS ENCAIXÁVEIS DE SOLO CIMENTO**

Juliana Moreira Senna Guimarães  
Edna Alves Oliveira  
João Batista Santos de Assis

**DOI 10.22533/at.ed.8912018113**

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**

Adriano de Paula e Silva  
Cristiane Machado Parisi Jonov  
Priscila Salvador Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8912018114**

### **CAPÍTULO 5..... 65**

#### **PLANEJAMENTO DE CRONOGRAMAS FÍSICO FINANCEIROS UTILIZANDO LINHA DE BALANÇO E TECNOLOGIA BIM**

Danielle Meireles de Oliveira  
Sidnea Eliane Campos Ribeiro  
Aldo Giuntini de Magalhães  
Sérgio Geraldo dos Reis Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.8912018115**

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>75</b>  |
| POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO COM RESÍDUOS DE MARMORES E GRANITOS                         |            |
| Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco<br>André Ricardo de Souza   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.8912018116</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 7</b> .....   | <b>88</b>  |
| TIJOLITO – SISTEMA AG CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA  |            |
| João Batista Santos de Assis<br>Juliana Senna Guimarães<br>Rúbia Nunes Vieira                                 |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.8912018117</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 8</b> .....   | <b>101</b> |
| VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS MISTOS EM CONCRETO E BLOCO CERÂMICO PARA VEDAÇÃO |            |
| Jamile Salim Fuina<br>Bernardo Caetano Chaves   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.8912018118</b>  |            |
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....   | <b>117</b> |

## POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO COM RESÍDUOS DE MÁRMORES E GRANITOS

### **Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco**

Engenheiro Civil, Prof Dr, Universidade FUMEC  
luizmelg@fumec.br

### **André Ricardo de Souza**

Arquiteto e Urbanista, Esp. em Engenharia de  
Produção Civil; Esp. em Gestão e Inovações  
Tecnológicas na Construção; Mestre em  
Processos Construtivos. Universidade FUMEC  
andre.arquitetas@gmail.com

**RESUMO:** Os resíduos de corte de mármore e granitos (RCMG) são materiais de elevado custo de descarte para empresas e indústrias beneficiadoras de pedras ornamentais, além de causar um alto impacto ambiental quando despejados indevidamente na natureza. Neste trabalho são comparados dois traços usuais de argamassa e concreto com os executados experimentalmente em laboratório, adicionando 30% de pó de RCMG na argamassa e substituindo por completo os agregados no traço do concreto. Foram realizados ensaios de resistências à compressão da argamassa e do concreto e de resistência à tração na flexão da argamassa, todos aos 7 dias. Tanto para o concreto quanto para a argamassa obteve-se uma queda na resistência à compressão, por outro lado, nos ensaios de tração na flexão houve uma elevação considerável de sua resistência. Com relação ao uso destes resíduos na confecção do concreto, os resultados indicam que a utilização desse tipo de material pode ser vantajosa para concretos de baixos e médios desempenhos, necessitando somente de adequações nas

porcentagens das adições para se alcançar as características preestabelecidas. A adição do RCMG à argamassa evidenciou a possibilidade do seu uso para confecção de argamassas de revestimentos e de assentamento de alvenarias de vedação

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduos; mármore; granitos; análise experimental.

### POSSIBILITY OF MORTAR AND CONCRETE PRODUCTION WITH MARBLE AND GRANITE RESIDUES

**ABSTRACT:** Marble and granite cutting residues (MGCR) are high-cost disposal materials for companies and industries that use ornamental stones, as well as causing a high environmental impact when improperly dumped in the nature. In this work two usual mortar and concrete traces are compared with those performed experimentally in the laboratory, adding 30% of MGCR powder in the mortar and completely replacing the aggregates in the concrete trace. Tests of resistance to compression of mortar and concrete and of tensile strength were carried out in the mortar flexion, all at 7 days. For both the concrete and the mortar, a decrease in the compressive strength was obtained; on the other hand, in the tensile tests in the flexion there was a considerable increase of its resistance. Regarding the use of these residues in concrete making, the results indicate that the utilization of this type of material can be advantageous for concrete of low and medium performances, requiring only adjustments in the percentages of the additions to reach the preestablished characteristics. The addition of the MGCR to the mortar showed the possibility of its use for the preparation of mortars for coverings and for the laying of masonry.

**KEYWORDS:** residues, marbles, granites,

experimental analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O ser humano sempre dependeu de recursos minerais para sua sobrevivência e evolução. De acordo com BUEST NETO (2006), as rochas que inicialmente eram empregadas mantendo as características originais, na forma de seixos rolados e de lascas encontradas na natureza, posteriormente foram sendo trabalhadas de forma a serem utilizadas como instrumentos de guerra e produzindo fogo mediante atrito.

HERRMANN (2002), baseado em suas pesquisas, evidenciou que o consumo humano por indivíduo de insumos minerais é na ordem de 2000 a 20000 kg/ano, enquanto o do reino vegetal varia em torno de 400 a 500 kg/ano e, do reino animal, entre 300 a 350 kg/ano.

Sendo assim, devem ser buscadas soluções e estratégias que assegurem um adequado uso dos recursos minerais e propicie um consumo sustentável e consciente destes insumos. Dentro deste contexto, a indústria da construção civil como sendo uma das maiores consumidoras de matérias primas naturais se torna um alvo a ser atacado para esse fim.

No Brasil, a demanda de agregados vem aumentando a cada ano. De acordo com a ANEPAC (2015), o consumo mundial de agregados é da ordem de 45.370 milhões de toneladas ano, sendo o Brasil consumidor de cerca de 741 milhões de toneladas. Números menores que somente o consumo de água do planeta.

De acordo com SILVA (2006), atualmente grande parte do agregado miúdo natural é extraída de leitos de rios, provocando a retirada da cobertura vegetal e a degradação dos cursos d'água, causando um enorme impacto ao meio ambiente.

### 1.1 Histórico

O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores mundiais do setor de rochas ornamentais. Com produção estimada de 9,5 milhões de toneladas de rochas ornamentais (7% da produção mundial) e quinto maior produto de base mineral exportado pelo Brasil, atrás do minério de ferro, minério de cobre, ouro e ferro-nióbio (ABIROCHAS, 2016). Esclarece assim a importância do setor de rochas para a economia e seu impacto no meio ambiente.

O sistema de processamento das rochas divide-se em duas etapas: extração dos blocos nas lavras e beneficiamento nas serrarias. Na etapa do beneficiamento dos blocos, há a geração de um grande volume de resíduos. Cerca de 20 a 25% do bloco é perdido e transformado em pó no sistema de desdobramento em chapas através dos teares. Essa quantidade pode alcançar de 25 a 30% do volume do bloco.

O resíduo é constituído por pó de rocha acrescido de água no caso dos teares que usam fios diamantados, e no caso dos teares que utilizam lâminas metálicas, acrescenta-se também cal, gralha e fragmentos metálicos provenientes do desgaste das lâminas, formando assim a lama, responsável por diversos problemas, principalmente ambiental.

A lama re-circula no tear por meio de uma bomba submersa de eixo vertical, situada num poço de recolhimento durante a serragem. A viscosidade da lama é controlada e a parte da lama que se torna muito viscosa é descartada, tornando-se o resíduo, que em geral, é depositado em lagoas de sedimentação, diretamente no solo, nos pátios das empresas. Há casos em que o resíduo passa por um equipamento chamado filtro prensa para diminuir sua umidade e conseqüentemente seu volume. Após a perda de umidade do resíduo na lagoa de decantação ou nos filtros prensa, o material é transportado e disposto em aterros industriais e geram despesas consideráveis para as empresas.

De acordo com MOURA (2006), o resíduo gerado no beneficiamento das rochas alcança cerca de 800.000t/ano nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e Ceará. Devido a esse grande volume gerado, que é frequentemente lançado diretamente nos ecossistemas, sem um processo de tratamento para eliminar ou reduzir os constituintes presentes, as indústrias do setor vêm sendo citadas pelos ambientalistas como fontes de contaminação e/ou poluição do meio ambiente, cita NUNES (2003).

Com esses dados, nota-se a importância do aproveitamento desse resíduo. Logo, é de suma importância a preocupação com estudos que tornem esse processo mais sustentável do ponto de vista ambiental.

## 1.2 Caracterizações e impressões sobre os resíduos

As considerações se baseiam em análises bibliográficas sobre adições de resíduos de corte de rochas ornamentais em argamassas e concretos.

Os resíduos são constituídos predominantemente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), além do óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e do óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), provenientes da granalha de aço e da cal presentes na lama abrasiva. Os resíduos possuem ainda outros elementos químicos minoritários, tais como:  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ . A granulometria do pó é extremamente fina, com a maior parte das partículas menores que  $75\mu\text{m}$ .

Quanto à massa específica deste pó, pode-se dizer que, em geral, é menor que a massa específica do cimento e é maior que a massa específica da areia. Foi observado também que os valores de massa específica do resíduo encontrados nos estudos já realizados, não apresentam grandes variações, e são maiores quando há maior quantidade de ferro no resíduo devido à granalha de aço presente no processo de serragem do bloco de granito.

O resíduo foi caracterizado ambientalmente como pertencente à Classe II – não inerte (NBR 10005/1987 e NBR 10006/1987). Logo, trata-se de um resíduo não perigoso, porém não inerte. Verificou-se que o resíduo pode sofrer contaminação por matéria orgânica, de acordo com a sua disposição em lagoas de decantação e seu manejo, o que pode afetar o desempenho do resíduo quando for reciclado. Neste caso, a forma de deposição e manejo é fundamental para obtenção de resíduo que possa ser reaproveitado.

Os resíduos apresentam baixa possibilidade de reatividade pozolânica com cimento e com cal, o que já era esperado pelos resultados dos ensaios de difração de raios X, pesquisados nos trabalhos bibliográficos, que revelam que os minerais componentes do resíduo estão na forma cristalina.

O resíduo em pó, extremamente fino, age como um “fíler” preenchendo os vazios na



argamassa, contribuindo para melhoria de densidade e diminuição da porosidade. O efeito “fíler” nas propriedades das argamassas é associado ao aumento de densidade de mistura e uma aceleração de hidratação do cimento Portland, fato confirmado no estudo realizado em 1998 de CABRERA, BONAVENTI E IRASSAR.

A consistência da argamassa com resíduo teve que sofrer ajustes no fator água/cimento para obter-se uma pasta com adequada consistência. Com a introdução do resíduo em substituição da areia, a massa específica tende a ser maior do que quando se substitui o cimento pelo resíduo, devido à massa específica do resíduo ser menor que a do cimento e maior que a da areia. Isto poderá dificultar o trabalho de aplicação da argamassa, tendo em vista que o pedreiro terá que lançar uma argamassa mais pesada na superfície a ser revestida. O resíduo não interferiu significativamente na retenção de água, mantendo a plasticidade da argamassa durante todo o período dos ensaios.

## 2 | OBJETIVOS

Avaliar as propriedades tecnológicas do concreto e da argamassa obtidos com a substituição parcial e integral dos agregados por resíduos do beneficiamento do mármore e granito, fornecendo assim uma alternativa em termos de agregados para concreto e argamassa e contribuindo, também, para a redução do impacto ambiental gerado pelo descarte desses resíduos e o uso da matéria prima mineral da produção dos agregados.

## 3 | LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho é atinente a um estudo experimental de um traço de argamassa e um de concreto com substituição de agregados triturados proveniente de empresa situado na região do Vale do Aço, Minas Gerais, que atravessa por problemas de descarte e manejo dos resíduos de processamento de mármore e granitos. Atualmente a empresa vem usando empiricamente os resíduos na execução de paredes de apoio para estocagem de chapas de mármore e granitos.

## 4 | METODOLOGIA

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos, foi desenvolvido um programa experimental para avaliar a resistência à compressão da argamassa e do concreto e à tração na flexão da argamassa produzida com os resíduos de mármore e granitos. O desenvolvimento do trabalho seguiu as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico dos estudos realizados com resíduos de processamento de rochas ornamentais;
- Análise experimental de traços de concreto e argamassas convencionais. Executando os ensaios de compressão e tração na flexão conforme nas normas da NBR 13279/95: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão, NBR 7215/96 - Versão Cor-

rigida: 1997 – Resistência a Compressão do Cimento Portland e NBR 12142/10 Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

- Análise experimental do concreto e argamassa executados com resíduos de mármore e granitos.

Para tais avaliações foram comparados os resultados de resistência à compressão e a tração obtidos por meio das revisões bibliográficas com os obtidos através dos ensaios em laboratório com os resíduos de mármore e granitos.

## 4.1 Materiais utilizados na pesquisa

### *Cimento*

O cimento Portland usado nos ensaios foi o Cimento de alta resistência inicial CPV ARI FÁCIL – Ultra Rápido (HOLCIM). Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados resultados da análise física e química fornecidos pelo fabricante.

| Compostos                      | Teor (%) | Ensaio Físico                              | NBR 11578 | Resistência à compressão |          | NBR 11578 |
|--------------------------------|----------|--|-----------|--------------------------|----------|-----------|
|                                |          |  |           | Idade (dias)             | fc (MPa) |           |
| SiO <sub>2</sub>               | 19,21    | Início de pega (min.)                      | 125       | ≥60                      |          |           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,98     | Fim de pega (min.)                         | 165       | ≤600                     | 1        | 30,0      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,95     | Finura #325 (%)                            | 2,8       | ≥12,0                    | 3        | 40,8      |
| CaO                            | 64,00    | A/C (%)                                    | 29,8      | -                        | 7        | 45,5      |
| MgO                            | 0,73     | Superfície específica (cm <sup>2</sup> /g) | 4619      | ≥2600                    | 28       | 52,3      |
| K <sub>2</sub> O               | 0,81     | Expansão a quente (mm)                     | 0,0       | ≤5,0                     |          |           |
| C <sub>3</sub> A               | 8,00     | RI (%)                                     | 0,38      | ≤2,5                     |          |           |
| CO <sub>2</sub>                | 1,14     | PF (1000°C)                                | 2,70      | ≤6,5                     |          |           |
| SO <sub>3</sub>                | 2,59     |  |           |                          |          |           |
| Sulfeto                        | 0,0      |  |           |                          |          |           |

Tabela 1 – Composição química, resistência e índices físicos do cimento CPV ARI FÁCIL Ultra Rápido

Fonte: HOLCIM do Brasil

### *Areia*

A areia utilizada foi a areia industrial lavada fina da empresa Martins Lanna com granulometria passante 100% na peneira N.50 (0.3mm), teor de material fino de ~ 30%.

### *Brita*

Brita de gnaiss 1 lavada foi utilizada como agregado graúdo.

O resíduo foi coletado em uma empresa localizada na cidade de Timóteo, estado de Minas Gerais, que utiliza mármore e granitos para as mais diversas aplicações. Nesta empresa, os cacos de mármore e granito, após a lavagem e secagem, foram para o

processo de moagem, em moinhos de bolas, ressaltando-se que os mesmos passaram previamente pelo britador de mandíbulas. Só então são separados por peneiramento e ensacados por fração granulométrica, resultando em:

1. Pós de resíduo com massa específica aparente de 1,05 g/cm<sup>3</sup>.
2. Pedriscos de resíduos correspondentes a brita 0;
3. Frações de resíduos correspondentes a brita 1.

### Água

A água utilizada foi a proveniente da rede pública de abastecimento da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais).

## 4.2 Dosagem convencional x Dosagem com RCMG

### 4.2.1 Dosagem do concreto convencional

Optou-se por utilizar uma referência de traço de concreto convencional, em massa, que resultasse em um valor médio de resistência à compressão em torno de 25 MPa afim de comparar com os resultados experimentais com adição de resíduos de mármore e granitos. Os materiais utilizados para a execução dos traços foram: areia artificial e brita 0 do fornecedor Martins Lanna e cimento CPV-ARI da Holcim.

| Dosagem A   |
|-------------|
| 1:2:2,5     |
| a/c = 0,55  |
| Sem aditivo |

Tabela 2 – Dosagem, concreto convencional em massa.

Fonte: Adaptado de Guimarães, Juliana; Diamantino, Luanna; Rabelo, Nathália. 2016.

Foi adotado o traço 1:2:2,5 (1 kg de cimento, 2 kg de areia e 2,5 kg de brita), com relação água/cimento de 0,55, visando criar uma referência de resistência a compressão normalmente utilizados em serviços que requerem função estrutural ou de suporte em elementos pré-moldados, podendo ser produzidos no próprio canteiro de obras.

### 4.2.2 Dosagem do concreto com resíduos de mármore e granitos

Realizou-se a dosagem de concreto com resíduos seguindo o mesmo traço da referência convencional do concreto, 1:2:2,5 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo) e o mesmo cimento CPV-ARI da Holcim. Como havia disponibilidade além do pó, mais duas granulometrias de agregados, sendo uma correspondente a brita 0 e outra correspondente

a brita 1, partiu-se para o traço 1:2:0,75:1,75 (cimento; pó de resíduo, resíduo #12 mm, resíduo #24 mm).

Inicialmente o fator água/cimento foi adotado seguindo a referencia de 0,55 como o convencional ensaiado. Mas esse volume de água não proporcionou uma plasticidade, nem tão pouco uma aderência coerente da pasta, sendo necessário adição de mais 1 litro de água na mistura. Resultando, portanto, em um fator final água/cimento de 0,89.

| Dosagem do concreto com resíduo |
|---------------------------------|
| 1:2:0,75:1,75                   |
| a/c = 0,89                      |
| Sem aditivo                     |

Tabela 3 – Dosagem, concreto com resíduo.

Fonte: OS AUTORES, 2016

Este fenômeno foi causado pelo volume de finos presentes no resíduo em pó. Esse material apresentou uma massa específica de 1.005 kg/m<sup>3</sup>, resultando em um efeito filler que provoca um aumento considerável do consumo de água.

O efeito filler é definido pelo preenchimento dos vazios entre as partículas do cimento por grãos, aumentando assim a compacidade do material (CORDEIRO, 2006; MOTA 2006). Além disso, a granulometria com alta presença de finos do agregado influencia na dosagem do aglomerante e na quantidade de água da mistura. Desta forma, quando há deficiências na curva granulométrica (isto é, a curva não é contínua) ou há excesso de finos, ocorre um maior consumo de água de amassamento, reduzindo as propriedades mecânicas e causando maior retração por secagem. É justamente esta característica que se obteve quando da adição do pó de resíduo de mármore e granitos à pasta.

#### 4.2.3 *Dosagem da argamassa convencional*

A metodologia comparativa usada para a argamassa foi comparando o traço 1:0,25:3 realizado por SELMO (1989), conforme norma DIN 18550, para testes de dosagens de argamassas para revestimentos externos de edifícios (Figura 4), e os ensaios de França (2009) com traço 1:3 que elaborou a caracterização conforme Figuras 5 e 6.

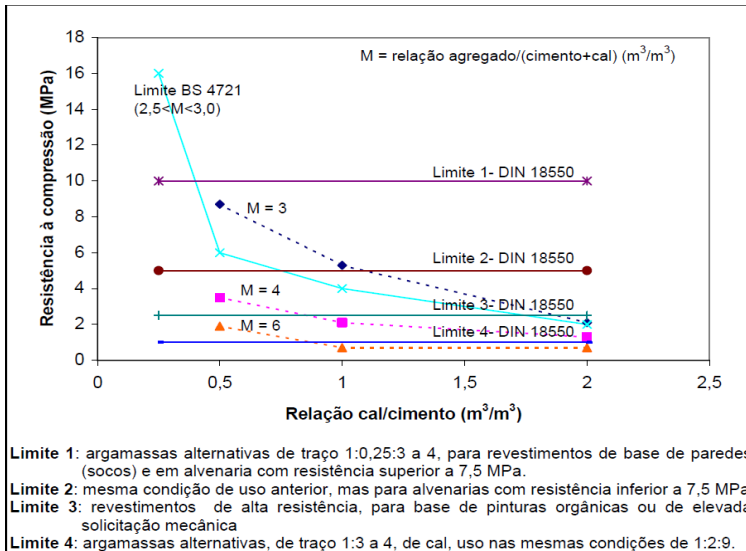


Figura 1 – Variação de retenção de água e da resistência à compressão de argamassas mistas.

Fonte: Selmo (1989)

SELMO (2009), destacou o limite 1 da norma DIN 18550-2 para argamassas alternativas de traço 1:0,25:3 a 4, para revestimentos externo de base de paredes junto ao solo (socos) e em alvenaria com resistência superior a 7,5 MPa.

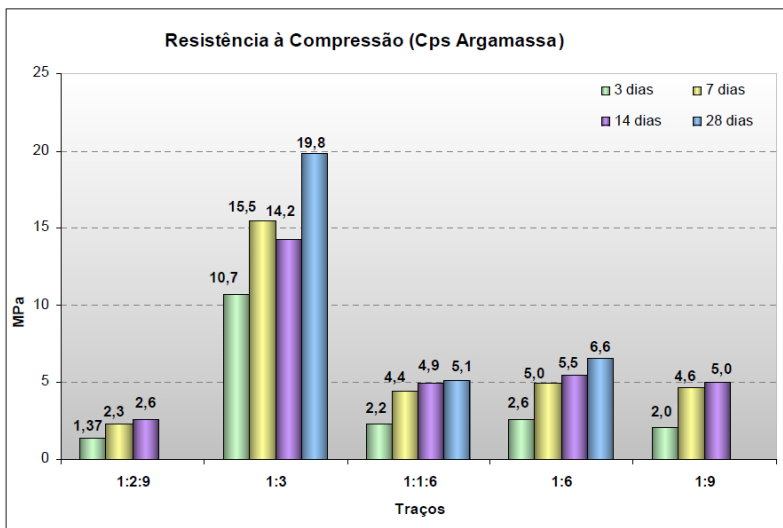


Figura 2 – Resistência à compressão de argamassas de cimento.

Fonte: Adaptado de França 2009.

Já FRANÇA (2009) comparou traços diversos de argamassas com as respectivas resistências à compressão e à tração na flexão.

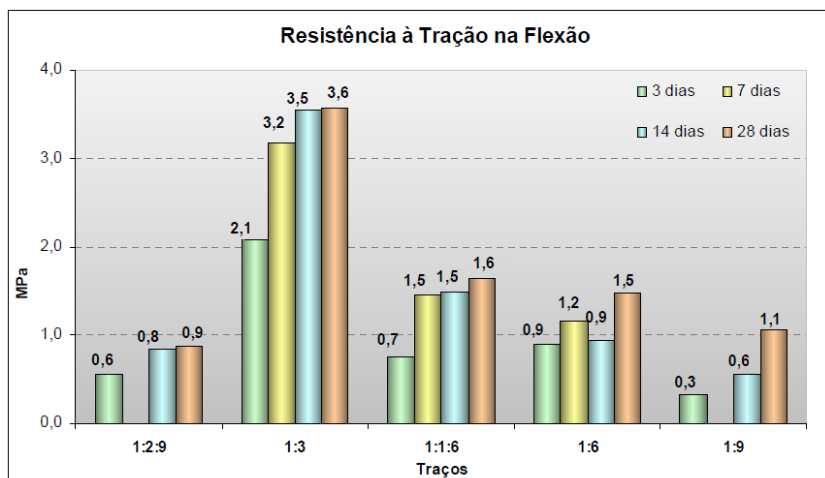


Figura 3 – Resistência à compressão de argamassas de cimento.

Fonte: Adaptado de França 2009.

#### 4.2.4 Dosagem da argamassa com resíduos de mármore e granitos

Para a dosagem da argamassa com resíduos foi estipulado um traço também facilmente executável em canteiros de obras, que substitua e economize em 30% o uso do agregado convencional. Sendo o traço 1:2,1:0,9 (cimento: areia fina: resíduo de pó de mármore e granito). Com esse traço buscamos comparar os valores de compressão e flexão com as referências de limites da norma DIN 18550 e com os resultados obtidos por França (2009);

Da mesma forma como ocorreu no traço com resíduos de concreto, foi necessária uma correção no fator água/cimento, onde inicialmente adotado com o valor de 0,6 mas devido ao alto consumo de água foi necessário adicionar mais 100 ml, quantidade mínima de água que conseguiu-se estabelecer para sanar a falta de plasticidade e a pouca aderência apresentada na primeira tentativa;

Após a adição dos 100 ml de água obteve-se um fator água/cimento de 0,7 resultando numa pasta com consistência e plasticidade adequadas.

| Dosagem argamassa com resíduo |
|-------------------------------|
| 1:2,1:0,9                     |
| a/c = 0,7                     |
| Sem aditivo                   |

Tabela 4 – Dosagem, argamassa com resíduo.

Fonte: Autores (2016)

## 5 | ENSAIOS REALIZADOS

O ensaio realizado para os traços de concreto foi de resistência compressão em 7 dias, conforme a NBR 5739/2007: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. A figura 5 mostra o equipamento para realização do ensaio de resistência à compressão.



Figura 4 - Ensaio de resistência à compressão

Fonte: Autores (2016)

Já com as argamassas, realizaram-se os testes de resistência à compressão e à tração na flexão conforme NBR 13279/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão. A figura 6 apresenta detalhe do ensaio realizado.

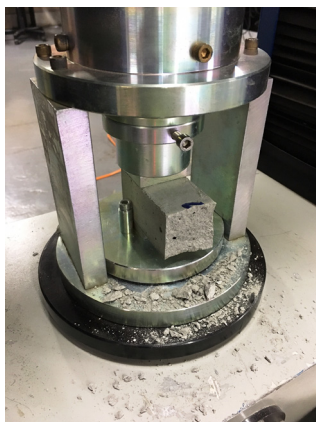


Figura 5 – Detalhe do ensaio de resistência à compressão axial

Fonte: Autores (2016)



Figura 6 – Detalhe do ensaio de resistência à tração na flexão

Fonte: Autores (2016)

## 6 | RESULTADOS

Nos ensaios à compressão do concreto convencional para cura de sete dias obteve-se uma resistência a compressão de 25,5 MPa. Com a adição dos resíduos de mármore e granitos, com mesmo período de sete dias de cura, obteve-se uma resistência à compressão de 12,2 MPa.

Os ensaios da argamassa com resíduos de mármore e granitos resultou no valor de 11,4 MPa de resistência à compressão e 3,7 MPa de resistência à tração na flexão.

## 7 | ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de compressão do concreto convencional com sete dias resultou em 25,5 MPa, muito acima do obtido com a adição dos resíduos, 12,2 MPa. Esse valor parece indicar que a adição desse tipo de material deve ser criteriosa e necessita de um estudo mais profundo de dosagens, para adequarem-se as porcentagens de adições às propriedades do concreto a ser utilizado.

Os resultados da adição do resíduo em pó de mármore e granitos à argamassa surpreenderam muito positivamente, na resistência à compressão houve apenas uma razoável queda de 15,5 MPa obtido por FRANÇA (2009) contra 11,4 MPa obtido experimentalmente em laboratório com a adição dos resíduos. Já na tração na flexão partiu de 2,1 MPa alcançado por FRANÇA (2009) para 3,7 MPa com os ensaios com a pasta com resíduos adicionados.

Apesar desses resultados, deve-se ter cautela com a aplicação dessa técnica, necessitando ainda estudos para aplicação sistematicamente de resíduos aos usos na construção civil. Deve-se analisar possíveis manifestações patológicas oriundas da adição desse tipo de resíduo ao concreto e argamassas, como fissuras provocadas por altos índices de retração, ocorrência da carbonatação e até mesmo surgimento de corrosões químicas no concreto.



A peculiaridade de trabalhar-se com este tipo de resíduo está na composição mineralógica do material, onde nas frações mais finas dos constituintes do granito por exemplo, como a mica e feldspato, afetar o desempenho da pasta. Isso tudo leva a julgar que é de extrema importância pesquisas para a análise química do material e o estudo do seu comportamento na durabilidade da argamassa e do concreto, bem como a análise de possíveis manifestações patológicas.

Outra problemática da utilização desses resíduos está na sua caracterização granulométrica, podendo haver uma grande variação na sua curva, de acordo com o modo e a técnica de moagem utilizada e a eficiência do maquinário utilizado para tal processo, bem como em função de sua origem.

Por fim, ressalta-se a importância dos estudos de aplicações de resíduos na construção civil, pois a geração destes não ocorre apenas nos canteiros de obra, mas também nos setores fornecedores de matéria-prima para a indústria da construção. Assim, os resíduos gerados pelas empresas beneficiadoras de pedras naturais se tornam um foco oportuno de ataque para a inserção de técnicas de reaproveitamento de materiais ao seu processo produtivo, oferecendo uma nova possibilidade de comercialização sustentável deste tipo de rejeito.

## REFERÊNCIAS

ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais). O setor de rochas ornamentais e de revestimento. Informe 005/2006. São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739/2007: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215/96 Versão Corrigida: 1997 – Resistência a Compressão do Cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. Panorama e perspectivas para o setor de agregados para construção. O Mercado de Agregados no Brasil. Nov. 2015.

CABRERA, O.; BONAVETTI, V.; DONZA, H. IRASSAR, E. F. Hormigones de alta resistência com cimentos de filler calcáreo. In: 1er Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón. Buenos Aires - Argentina, jun/1998, p. 195-204.

BUEST NETO, G. T. Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland. 2006. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006

CORDEIRO, G. C. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto. 2006. 445 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

FRANÇA, Marcela. Estudo da aplicabilidade da argamassa produzida a partir da reciclagem de resíduo sólido de siderurgia em obras de engenharia. Artigo para o 15º Concurso Falcão Bauer. Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. 2009.

GUIMARÃES, Juliana; DIAMANTINO, Luanna; RABELO, Nathália. Análise da Influência da Relação água/cimento na Resistência à Compressão do Concreto e no Módulo de Elasticidade. Artigo acadêmico. 2016.

HERRMANN, H. Política de aproveitamento de areia no estado de São Paulo: dos conflitos existentes às compatibilizações possíveis. Rio de Janeiro. CETEM/CNPQ, 186p. 2002.

LAFARGE HOLCIM. <http://www.lafarge.com.br/>. Cimentos Holcim - Ultra Rápido - CPV ARI Fácil. Acesso em 20/12/2016.

MOTA, J. M. F. Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prisma de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos. Universidade Federal de Pernambuco – Dissertação de Mestrado. Recife, 2006.

MOURA, Washington A.; LIMA, Mônica B. Leite; CALMON, João Luiz; MORATTI, Markus; SANTOS SOUZA, Fernando Lordello dos. Produção de pisos intertravados com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. ENTAC. 2006. Florianópolis. Santa Catarina. p. 4227-4236. 2006.

NEVILLE, A. M., Propriedades do Concreto. São Paulo: PINI, 1997. 828p

NUNES, R. L. S.; NEVES, G. A.; SANTANA, L. N. L.; FERREIRA, H. C. Placas cerâmicas obtidas pelo processo de laminação utilizando resíduo de granito. In: 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica. João Pessoa, 15-18/junho, 2003, p.14-23.

SELMO, S.M.S. Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo e fachada de edifícios. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1989.

SILVA, N. G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. 2006. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006

Standard: DIN 18550-1 - Design, Preparation and Application of External Rendering and Internal Plastering - Part 1: Supplementary Provisions for Din En 13914-1 for External Rendering

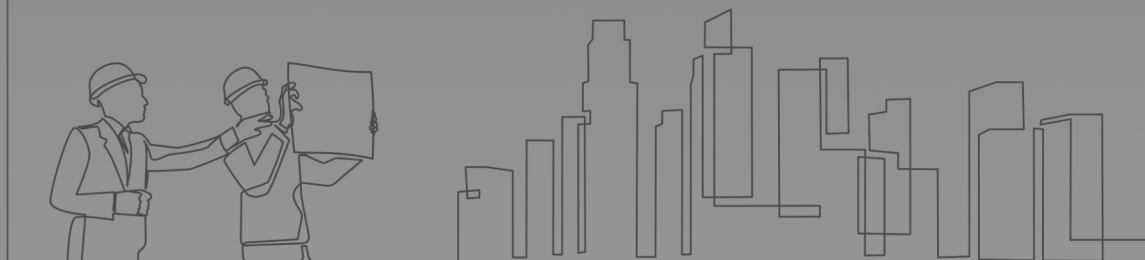
# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

