



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 2 [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 978-65-5706-170-1 DOI 10.22533/at.ed.701200907</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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 2” contempla vinte e três capítulos com pesquisas relacionadas a temas da engenharia civil.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias na sua composição permitem um grande avanço na área, gerando alternativas de execução e muitas vezes evitando patologias nas edificações.

O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o aperfeiçoamento de sistemas construtivos já existentes e proporciona uma otimização na execução de projetos.

O livro aborda também artigos que avaliam desempenho de solos, seu comportamento junto a estruturas de edificações e obras de pavimentação.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novas pesquisas na área da engenharia civil, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADERÊNCIA DO CHAPISCO COM ADIÇÃO DE CAL	
André Miranda dos Santos Ângelo Just da Costa e Silva João Manoel de Freitas Mota	
DOI 10.22533/at.ed.7012009071	
CAPÍTULO 2	13
AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTOS SUBSTITUINDO AGREGADOS NATURAIS POR AGREGADOS ARTIFICIAIS	
Valéria Costa de Oliveira Emílio Gabriel Freire dos Santos Leandro de Souza Carvalho Rafael Alves de Oliveira Fernanda dos Santos Gentil Ieda Maria Fagundes Zanolla	
DOI 10.22533/at.ed.7012009072	
CAPÍTULO 3	30
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PIGMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO	
Amanda Vieira Noletto Dalmo Gabriel da Silva Santana Beatriz Santos Neri Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira Salmo Moreira Sidel	
DOI 10.22533/at.ed.7012009073	
CAPÍTULO 4	38
AVALIAÇÃO DO ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, CONTENDO OU NÃO ADIÇÕES MINERAIS	
Rayssa Valéria da Silva Fuad Carlos Zarzar Júnior José Wertson Gonçalo Pereira Gênova Gabriela Oliveira de Paula Rocha Leonardo José Silva do Vale João Gabriel Souza dos Reis Igor Albuquerque da Rosa Teixeira Pedro Daltro Macedo de Alencar José Flávio Batista Vilela Carlos Fernando Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.7012009074	
CAPÍTULO 5	51
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE METACAULIM NO CONCRETO FRENTE À PENETRAÇÃO DE ÍONS CLORETO	
Jefferson Thales Siqueira Gomes Emerson José da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7012009075	

CAPÍTULO 6	68
COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CELULOSE: UMA REVISÃO	
Marllon Victor Soares Cabral Humberto Mycael Mota Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7012009076	
CAPÍTULO 7	81
EFEITO DA SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	
Albert Luiz Follmann Bruno Teles Cordeiro Fernando Pelisser Artur Spat Ruviano	
DOI 10.22533/at.ed.7012009077	
CAPÍTULO 8	95
ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE UM CONCRETO COM 20MPA NO ESTADO FRESCO, MISTURADO À MÃO E NA BETONEIRA, COM E SEM A SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA BRITADA	
Gabriel Rigaud Figueirôa Lyra Anderson José Silva André Vinícius Melo Couto André William Barbosa Brito Sócrates Ildelfonso Farias da Silva Simone Perruci Galvão	
DOI 10.22533/at.ed.7012009078	
CAPÍTULO 9	105
INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO DE MISTURA DOS ADITIVOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS	
Juliana Pippi Antoniazzi Luciano Vargas Vaz Gihad Mohamad Raquel Petry Brondani Schmidt Bernardete Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.7012009079	
CAPÍTULO 10	114
VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE DETERGENTE DOMÉSTICO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA CIMENTÍCEA	
Jessica Maria de Oliveira Galeno Ataídes Oliveira Galvão Junior Marcos Vinícios Aguiar Mohana Mylena Veras Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.70120090710	
CAPÍTULO 11	128
AVALIAÇÃO DO ATRITO DE INTERFACE ENTRE BLOCOS DE EPS E DIFERENTE SOLOS E GEOSSINTÉTICOS ATRAVÉS DO CISALHAMENTO DIRETO	
Arthur Ivo Zuquim	
DOI 10.22533/at.ed.70120090711	

CAPÍTULO 12	143
CONTRIBUIÇÃO DA RIGIDEZ TORSIONAL DE VIGAS NO CÁLCULO DE MOMENTOS FLETORES EM LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	
Jonas Pereira Falcão	
Francisco dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.70120090712	
CAPÍTULO 13	159
DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EXPERIMENTAL DE VIGOTA TRELIÇADA OBJETIVANDO O DIMENSIONAMENTO DE ESCORAS DE LAJES	
Rebeca Alexandra de Moraes Candido	
Tiago Duarte de Lima	
Adão Marques Batista	
DOI 10.22533/at.ed.70120090713	
CAPÍTULO 14	170
EFEITOS DA TEMPERATURA NAS DEFORMAÇÕES POR FLUÊNCIA DO CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira	
Brenda Vieira Costa Fontes	
Juliana Caroline Neves de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.70120090714	
CAPÍTULO 15	186
ESTABILIDADE ELÁSTICA EM PILARES METÁLICOS SUBMETIDOS À ATUAÇÃO CONJUNTA DO CARREGAMENTO VERTICAL E DO VENTO	
Wesley Imperiano Gomes de Melo	
Normando Perazzo Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090715	
CAPÍTULO 16	205
INFLUÊNCIA DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	
Rafael Azevedo Lino	
Orieta Soto Izquierdo	
Indara Soto Izquierdo	
Márcio Roberto Silva Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090716	
CAPÍTULO 17	222
INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA	
Matheus Nunes Reis	
Jorge Antonio da Cunha Oliveira	
Jocinez Nogueira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.70120090717	
CAPÍTULO 18	237
O CÁLCULO CORRETO DOS EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO	
Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte	
Felipe Luna Freire da Fonte	
Ennes do Rio Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.70120090718	

CAPÍTULO 19	251
REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM PRF: UM ESTUDO DE CASO	
Elisson Bilheiro Ferreira Filho	
Ruan Richelly Santos	
Letícia Ikeda Castrillon Fernandez	
Diôgo Silva de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.70120090719	
CAPÍTULO 20	270
CAPACIDADE DE ANCORAGEM DE CONECTORES COM CABEÇA EM CONEXÕES VIGA-PILAR DE CONCRETO ARMADO	
Nataniel Wontoon Barbosa Lima	
Ana Paula Bona Barros Medeiros	
Guilherme Oití Berbert-Born	
João Gabriel Pacheco Monteiro	
Marcos Honorato de Oliveira	
Maurício Ferreira de Pina	
DOI 10.22533/at.ed.70120090720	
CAPÍTULO 21	285
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS ADOTANDO O MÉTODO DO EMPACOTAMENTO COMPRESSÍVEL (MEC)	
Matheus Galvão Cardoso	
Rodrigo de Melo Lameiras	
DOI 10.22533/at.ed.70120090721	
CAPÍTULO 22	301
IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	
Tauhana Eineck	
Diogo Rodrigues	
Patrícia Dalla Lana Michel	
DOI 10.22533/at.ed.70120090722	
CAPÍTULO 23	305
UMA ABORDAGEM SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS LATERÍTICOS APLICADOS À PAVIMENTAÇÃO	
Lettycia Pinheiro da Silva	
Lázaro Fernandes Pereira	
Beatriz Almeida Nascimento	
Lívia Ramos Lima	
Roseli Oliveira Guedes Martins	
DOI 10.22533/at.ed.70120090723	
SOBRE OS ORGANIZADORES	307
ÍNDICE REMISSIVO	308

AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTOS SUBSTITUINDO AGREGADOS NATURAIS POR AGREGADOS ARTIFICIAIS

Data de aceite: 01/06/2020

Valéria Costa de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Emílio Gabriel Freire dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Leandro de Souza Carvalho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Rafael Alves de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Fernanda dos Santos Gentil

Universidade Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Ieda Maria Fagundes Zanolla

Universidade Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

RESUMO: A construção civil é um dos mercados que provoca maior impacto ambiental, devido ao elevado consumo de matéria-prima, esgotando por exemplo as jazidas de areias naturais. A utilização de areia proveniente da britagem de rocha, pode ser uma alternativa viável para substituição da areia natural de rios na produção de argamassas para o revestimento, em virtude do rejeito do material mais fino durante o processo. As argamassas estabilizadas

são produzidas e dosadas em centrais de concreto, entregues úmidas e prontas para o uso. Podem ser armazenadas por um período de tempo superior que as argamassas convencionais ou industrializadas dependendo dos parâmetros de mistura empregados em sua produção, assim promovem aumento da produtividade nos canteiros de obra, uma vez que permitem o seu emprego por até 72 horas. A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido quanto no de vapor. Desta forma, as argamassas estabilizadas apresentam uma proposta de materiais que exigem cuidados específicos quanto a absorção capilar nos revestimentos. O objetivo dessa pesquisa é o estudo da permeabilidade das argamassas estabilizadas quanto a formulação empregando a areia artificial produzida por usinas de britagem substituindo a areia natural. O programa experimental buscou estudar as formulações das argamassas estabilizadas, associadas aos parâmetros de misturas (cimento CP IV e areia de brita) e as influências dos aditivos estabilizadores de hidratação (AEH) e do incorporador de ar (IAR). Os resultados mostraram a viabilidade da substituição do agregado natural por um agregado artificial de

brita de forma a a melhorar a permeabilidade das argamassas estabilizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassas Estabilizadas; Permeabilidade; Areia de brita.

EVALUATION OF CAPILLARY ABSORPTION IN STABILIZED MORTARS OF COATINGS REPLACING NATURAL AGGREGATES WITH ARTIFICIAL AGGREGATES

ABSTRACT: Civil construction is one of the markets that causes the greatest environmental impact, due to the high consumption of raw materials, exhausting, for example, natural sand deposits. The use of sand from rock crushing can be a viable alternative to replace natural river sand in the production of mortars for the coating, due to the rejection of the finest material during the process. The stabilized mortars are produced and dosed in concrete plants, delivered wet and ready for use. They can be stored for a longer period of time than conventional or industrialized mortars, depending on the mixing parameters used in their production, thus promoting an increase in productivity at construction sites, since they allow their use for up to 72 hours. Permeability is related to the passage of water through the mortar layer, which is a porous material and allows water to percolate in both liquid and vapor states. Thus, the stabilized mortars present a proposal of materials that require specific care regarding capillary absorption in the coatings. The objective of this research is to study the permeability of stabilized mortars in terms of formulation using artificial sand produced by crushing plants replacing natural sand. The experimental program sought to study the formulations of stabilized mortars, associated with the mixing parameters (CP IV cement and crushed sand) and the influences of the hydration stabilizing additives (AEH) and the air incorporator (IAR). The results showed the feasibility of replacing the natural aggregate with an artificial aggregate of gravel in order to improve the permeability of stabilized mortars.

KEYWORDS: Stabilized mortars; Permeability; Gravel sand.

1 | INTRODUÇÃO

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido quanto no de vapor. A porosidade tem um papel importante no transporte de umidade nas argamassas. As argamassas podem apresentar poros interconectados (porosidade aberta) ou poros não interligados (porosidade fechada). Contudo, os revestimentos devem ser estanques à água e permeável ao vapor de forma a favorecer a secagem por umidade de infiltração devida a água de chuva ou decorrente da ação direta do vapor de água, por exemplo nos banheiros (BAÍA e SABBATINI, 2008).

Ainda, a neste sentido, a ABNT NBR 15575-4:2013 especifica que mesmo sem função estrutural, as vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água. As argamassas, como revestimentos e parte do sistema de vedações, devem

contribuir para a estanqueidade à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes e não permitir infiltração de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis e molhadas (SALOMÃO, 2016).

Assim, busca-se o desenvolvimento de novos materiais ao longo dos anos, tais como os aditivos, e com o emprego de formulações de argamassas que atendam as condições de desempenho mínimo, que evitem o surgimento de fissuração, infiltração e eflorescências em revestimentos. Desta forma, a escolha do método de proteção dos sistemas vedações e de revestimentos deve se basear em análises minuciosas da estrutura tratada e de seus materiais, das condições de exposição e dos mecanismos de ingresso, movimentação e secagem da água (SALOMÃO, 2016).

Neste aspecto, os sistemas de revestimentos quando não bem planejados, geram impactos negativos nos empreendimentos, uma vez que representam uma etapa longa e com custos elevados de uma edificação. Cabe ressaltar que novas tecnologias quando não empregadas de forma adequada ou o não conhecimento dos efeitos e mecanismos destes produtos podem gerar manifestações patológicas.

No contexto temos os mais variados produtos de ação impermeabilizantes disponíveis no mercado que são comercializados sem que suas propriedades sejam informadas, tais como, a composição química ou o mecanismo de ação, ou seja ainda existe um grande número de questionamentos sobre como os diversos tipos de aditivos modificam o desempenho das mais variadas composições de argamassas.

Nesta abordagem, as argamassas estabilizadas utilizam em sua produção dois aditivos os incorporadores de ar (IAR) e estabilizadores de hidratação do cimento (AEH), cimento e areias de granulométrias mais finas (módulo de finura em torno de 1,55). As argamassas estabilizadas são produzidas e dosadas em centrais de concreto, entregues úmidas nos canteiros de obra, prontas para o uso, e que podem ser armazenadas por um período de tempo superior ao das argamassas convencionais ou industrializadas.

A norma de desempenho de edificações habitacionais, ABNT NBR 15575-1:2013, inclui requisitos quanto a estanqueidade a fontes de umidade internas à edificação. Assim, devem ser previstos nos projetos a prevenção de infiltração da água de chuva e da umidade do solo nas construções. De forma que se projete a impermeabilização de quaisquer paredes em contato com o solo, ou pelo direcionamento das águas, sem prejuízo da utilização do ambiente e dos sistemas correlatos e assegure a estanqueidade à água utilizada na operação e manutenção do imóvel em condições normais de uso.

Os problemas de umidade quando surgem nas edificações, degradam a construção ao longo do tempo. A umidade não é apenas uma causa de anomalias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das manifestações patológicas em construções ocorra, tais como eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais (VERÇOZA, 1991).

A umidade ascensional ocorre nas edificações, devido a proximidade do lençol freático

e dos materiais que apresentam canais capilares, por onde a água passará para atingir o interior das edificações. De forma que a permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido quanto no de vapor.

As argamassas, como revestimentos e parte do sistema de vedações, devem contribuir para a estanqueidade à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes e não permitir infiltração de água (ABNT NBR 15575-1:2013). Assim, busca-se o desenvolvimento de novos materiais, tais como os aditivos, e o emprego de formulações de argamassas que atendam as condições de desempenho mínimo, que evitem o surgimento de infiltração em revestimentos. Então, o objetivo principal desta pesquisa foi de contribuir para a pesquisa de dosagens de argamassas estabilizadas, que apresentem baixas permeabilidades nos sistemas argamassados.

Neste sentido, as argamassas estabilizadas, por utilizar aditivos incorporadores de ar e estabilizadores de hidratação, apresentam ações que reduzem a quantidade de água necessária para produção das argamassas, contribuindo para a redução da permeabilidade das argamassas (OLIVEIRA, 2017). Aliada a proposta das argamassas estabilizadas, a substituição da areia natural por areia de britagem se mostra, também, uma proposta para a redução da permeabilidade em virtude do teor de finos.

Os resultados de Sousa (2006) mostraram que as argamassas produzidas com areia de brita são mais suscetíveis à fissuração, porém, possuem melhor trabalhabilidade, maiores resistências mecânicas e, na maioria dos traços, menor permeabilidade à água que as argamassas produzidas com areia natural, comparativamente ao mesmo proporcionamento de materiais.

Desta forma, estas argamassas representam ganhos de produtividade, uma vez que o mercado da construção civil se torna cada vez mais competitivo e exigente em relação ao produto final ofertado, obrigando as construtoras a reduzir prazos e custos, mantendo a qualidade dos seus serviços, porém não há o conhecimento sobre a porosidade destas argamassas em virtude da substituição da areia lavada por areia proveniente de britagem.

Conforme Silva (2006), o agregado miúdo natural é extraído de leitos de rios causando grande impacto ao meio ambiente. Já nas pedreiras, a britagem das rochas (basaltos, calcários, granitos, gnaisses, entre outras) gera o pó de pedra, finos que ficam estocados em pilhas nas pedreiras e acabam provocando graves problemas ambientais, poluição visual e gerando, principalmente, muita poeira, porém conforme o autor estes finos, devidamente processados, podem vir a substituir a areia natural.

Aliado a questão ambiental e aumento da produtividade em obras a pesquisa proposta busca assim, o estudo da viabilidade de produção das argamassas estabilizadas substituindo a areia natural pela areia de brita com o estudo na ênfase da permeabilidade das argamassas estabilizadas de revestimentos.

O objetivo principal foi o estudo do comportamento das argamassas estabilizadas

quanto a formulação, os requisitos e as propriedades de permeabilidade. No caso dos objetivos específicos foi investigar os comportamentos das argamassas e verificar os requisitos exigenciais para os sistemas de revestimento quanto a consistência, teor de ar incorporado e absorção de água por capilaridade.

2 | INFLUENCIA DO AGREGADO MIÚDO NA CONFEÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS

Dentre as características físicas da areia que interferem nas propriedades das argamassas, também deve-se considerar a distribuição granulométrica, a forma e a textura dos grãos. Uma característica de grande importância para qualquer agregado é a distribuição granulométrica (MATTOS 2001).

Ao se utilizar agregado de granulometria contínua, ocorre aumento da trabalhabilidade, devido ao maior grau de empacotamento da mistura, onde os grãos de menor diâmetro preenchem os vazios entre os grãos de diâmetro imediatamente superior, proporcionando melhor deslizamento entre estes grãos. Materiais finos siltosos ou argilosos também contribuem no aumento da trabalhabilidade das argamassas.

A granulometria do agregado miúdo influencia diretamente no desempenho das argamassas, interferindo na trabalhabilidade, no consumo de água; , no estado fresco; no revestimento acabado, exerce influência na fissuração, na rugosidade, na permeabilidade e na resistência de aderência (ANGELIM *et al.*, 2003).

Segundo CARNEIRO *et al.* (1997), a areia de granulometria muito uniforme, independentemente do formato dos grãos, compromete a trabalhabilidade da argamassa. Há um conseqüente enrijecimento, impedindo o deslizamento dos grãos da areia entre si, com demanda de um maior consumo de pasta. A recomendação da granulometria contínua prende-se ao fato de que, gerando um menor volume de vazios no agregado, menor será o volume de pasta, e por conseqüência, menor a retração.

Ou seja, a granulometria deve ser contínua e com o teor adequado de finos, uma vez que o excesso destes irá aumentar o consumo de água de amassamento e, com isto, induzir a uma maior retração de secagem do revestimento. Assim, o aumento do teor de agregado no traço, sem prejuízo da trabalhabilidade, que também deve diminuir o volume de pasta e os efeitos da retração de secagem do revestimento. Já o aumento do teor de material pulverulento melhora a trabalhabilidade e diminui o teor de água e o teor de ar aprisionado da argamassa no estado fresco.

Conforme Paes *et al.* (1999), os finos têm, em função de sua alta área específica, papel de plastificantes nas argamassas. Neste sentido, Baía e Sabbatini (1998) citam que a areia que apresenta melhor potencial de produzir uma argamassa adequada é a que tem granulometria contínua e classificada com módulo de finura entre 1,8 e 2,8.

Da mesma forma que a composição do material pulverulento influencia no índice de vazios, na resistência de aderência à tração e nas resistências de compressão e de tração na flexão das argamassas no estado endurecido, bem como na permeabilidade do revestimento. O teor de material pulverulento é responsável, em parte, pela incidência de fissuras ocorridas nos revestimentos, devido às alterações que provoca nas propriedades das argamassas (SOUSA, 2006).

As características das areias exercem forte influência sobre algumas propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco, tais como: densidade de massa e consistência (CARASEK *et al*, 2016). Já Salomão (2016) comenta que para uma mesma trabalhabilidade, a argamassa preparada com areia de curva de distribuição granulométrica contínua, teoricamente, terá menor índice de vazios e, conseqüentemente, menor consumo de aglomerante.

3 | ARGAMASSAS ESTABILIZADAS

Atualmente, os canteiros de obras apresentam uma diminuição no uso das argamassas dosadas em obra e o aparecimento de argamassas industriais tem alavancado a construção civil, daí a necessidade de se controlar os materiais e o desempenho do sistema de revestimento (TEMP, 2014).

As argamassas estabilizadas se apresentam como uma alternativa mais produtiva no quesito de argamassas de revestimentos, contudo as especificações de valores e propriedades necessitam de atenção, pois demandam estudos quanto ao seu comportamento diante da evolução de seu tempo de estabilização, dependentes das formulações e dos materiais utilizados na produção destes produtos (OLIVEIRA, 2017).

As argamassas estabilizadas são dosadas e produzidas por centrais de concreto. São entregues úmidas nos canteiros de obra, prontas para o uso. Podem ser armazenadas por um período de tempo superior que as argamassas convencionais ou industrializadas (BAUER, et al, 2015).

O tempo superior de utilização (tempo de estabilização) é obtido a partir da inclusão do AEH (aditivo estabilizador de hidratação), que dependendo do teor deste aditivo, dos materiais combinados (cimento, areia e aditivo incorporador de ar), da formulação, permite o armazenamento da argamassa estabilizada por até 72 horas e, conseqüentemente promovem ganhos de produtividade (MACIOSKI, COSTA e CASALI, 2015).

São empregados para a produção das argamassas estabilizadas dois aditivos, um estabilizador de hidratação (AEH) e um incorporador de ar (IAR) com funções de retardar o tempo de pega do aglomerante e melhorar a plasticidade das argamassas, respectivamente. A utilização dos IAR facilita a produção das argamassas, sendo que a consistência final é inferior em função do aumento do teor do aditivo (ROMANO, 2013). O aditivo incorporador de ar, além de diminuir as tensões superficiais, obtura os poros

capilares, diminuindo a retração plástica e tornando as argamassas menos permeáveis (RESENDE, 2010).

Os aditivos incorporadores são tensoativos aniônicos, que quando adicionados às pastas de cimento, a parte polar desses aditivos tende a se adsorver nas partículas sólidas da pasta (cimento), e a parte apolar, voltada para a fase aquosa, confere um caráter hidrofóbico às partículas de cimento (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Os mais variados produtos de ação impermeabilizantes disponíveis no mercado são comercializados sem que suas propriedades sejam informadas, tais como, a composição química ou o mecanismo de ação, o que significa que ainda existe um grande número de questionamentos sobre como os diversos tipos de aditivos modificam o desempenho das mais variadas composições de argamassas (SALOMÃO, 2016).

Os aditivos incorporadores de ar são empregados nas argamassas estabilizadas no intuito de melhorar a plasticidade, uma vez que a incorporação de ar aumenta a estrutura interna (coesão) e também, porque o teor de finos, proveniente dos cimentos, é inferior em comparação as argamassas mistas. A presença de incorporador de ar nas pastas é responsável pela melhor estruturação do sistema cimentício, tornando-a mais viscosa ([RIXON e MAILVAGANAN, 1999).

O aditivo incorporador de ar é um agente tensoativo que diminui a tensão superficial da água para facilitar a formação de bolhas e garantir que elas sejam estáveis. Os agentes tensoativos se concentram nas interfaces ar/água e tem propriedades hidrofóbicas (repelentes à água) e hidrófilas (atraem água) que são responsáveis pela dispersão e estabilização das bolhas de ar. (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Mehta e Monteiro (2008) explicam que na interface ar-água os grupos polares são orientados para a fase aquosa diminuindo a tensão superficial, promovendo a formação de bolhas e neutralizando a tendência para as bolhas dispersas se unirem. Na interface água-sólida onde existem forças diretivas na superfície do cimento, os grupos polares se ligam ao sólido com os grupos não polares orientados para a água, tornando a superfície do cimento hidrofóbica para que o ar possa deslocar a água e permanecer ligado às partículas sólidas como bolhas, figura 1.

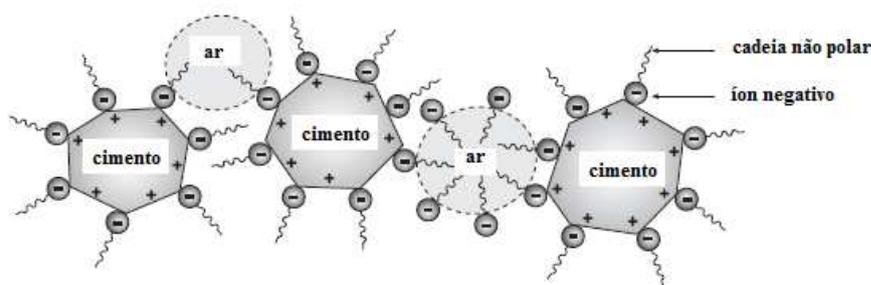


Figura 1 - Representação esquemática dos mecanismos dos IAR.

Fonte: Adaptada de Mehta e Monteiro (2008).

Os teores de ar incorporados nas argamassas dependem do processo mecânico de mistura, do teor e do tipo do aditivo, do tempo de mistura, ou seja, com o aumento da concentração dos aditivos, ocorre um aumento do teor de ar incorporado, para um mesmo tempo de mistura. O ar incorporado é um dos responsáveis pela quantidade de vazios na mesma, o que afeta diretamente as propriedades das argamassas no estado fresco, tais como a densidade de massa, com a incorporação de microbolhas em seu interior.

As densidades de massa e o teor de ar incorporado impactam na plasticidade das argamassas. A densidade das argamassas depende principalmente da massa específica do agregado miúdo e do teor de ar incorporado na massa e desta forma, no caso de aplicação manual da argamassa, quanto mais leve será mais trabalhável ao longo prazo, pois reduz o esforço na aplicação.

O coeficiente de absorção de água ou de capilaridade caracteriza a propriedade de um material absorver água líquida, por sucção, quando em contato com a água. Quando um material poroso é colocado em contato direto com água no estado líquido, a massa varia ao longo do tempo. É esta relação entre a massa de água absorvida por área do material em contato com a água e o tempo que permite determinar o coeficiente de absorção de água.

Conforme Salomão (2016), ocorre redução do coeficiente de capilaridade, devido a utilização do IAR e ao fato do aditivo reduzir a necessidade de água na mistura e por formar bolhas que interrompem o transporte de água capilar.

Já os estudos de Oliveira (2017) mostraram que o AEH quando isolado aumentou a absorção capilar conforme seu incremento na produção das argamassas, no entanto, quando associado ao IAR, conforme o incremento dos aditivos, menores foram os coeficientes de capilaridade.

Ao contrário dos retardadores convencionais, o AEH empregado na produção das argamassas estabilizadas pode ser utilizado em altas doses, sem efeitos adversos, tais como o desenvolvimento de resistências fracas resultantes quando da utilização de retardadores normais (RIXOM e MAILVAGANAM, 1999). A aplicação de retardadores permite o desenvolvimento de uma microestrutura mais densa devido ao crescimento de cristal retardado de C-S-H (DAAKE e STEPHAN, 2016).

Conforme Ramos, Gaio e Calçada (2013), o aumento o teor de aditivo estabilizador de hidratação indica alteração na cinética do aumento de temperatura com o tempo, de forma que quanto maior o teor de aditivo, menor a temperatura atingida durante a hidratação e mais lento é o ganho e a dissipação do calor gerado.

No entanto, quando se trata do estado endurecido, estudos ainda se fazem necessários de como se dar o comportamento destas argamassas, conforme os tempos de estabilização propostos, como o tempo superior do retardo de pega do cimento, repercute nos resultados das resistências mecânicas, aderência e coeficientes de capilaridade.

4 | MÉTODOS E MATERIAIS

Na pesquisa busca-se avaliar a permeabilidade das argamassas estabilizadas de revestimentos produzidas com areia de britagem. Desta forma, as argamassas serão ensaiadas experimentalmente nos aspectos associados ao teor de ar incorporado gravimétrico e evolução da absorção de água por capilaridade em argamassas.

Os materiais empregados nesta pesquisa serão os empregados nas argamassas das obras de Porto Velho-RO, sendo assim eles apresentam as características desejáveis para a pesquisa desenvolvida:

- Cimento CP IV
- Areia de britagem
- Areia natural
- Aditivo incorporador de ar
- Aditivo estabilizador de hidratação

Esta etapa pode ser resumida, conforme suas variáveis independentes, condições fixas e variáveis dependentes descritas a seguir:

- Variáveis independentes:
- Agregado miúdo de britagem
- Agregado miúdo natural (areia lavada de rio)
- Aditivos do fabricante 1
- Aditivos do fabricante 2

Utilizou-se para o preparo e mistura das argamassas um misturador e uma quantidade de materiais secos de 2500 gramas conforme determinado na ABNT NBR 16541:2016. Para a aferição da consistência das argamassas os ensaios ocorreram conforme a ABNT NBR 13276:2016, determinando-se a relação água cimento para um espalhamento de 260 ± 5 mm. O programa experimental foi realizado no laboratório de resistência dos materiais do Campus Porto Velho Calama pelos alunos do curso técnico em edificações do primeiro ano. Para a determinação da densidade de massa foi utilizada as orientações da norma NBR 13278:2005.

Os procedimentos de produção das argamassas adotados foram:

- Pesagem dos materiais;
- Colocação e pré-mistura de todo o material anidro no misturador mecânico;
- Adição de água aos poucos, com o misturador ligado;
- Adição dos aditivos AEH e IAR, com o misturador ligado;
- Com equipamento desligado, retirou-se uma parcela da amostra para fazer a primeira aferição do ensaio de espalhamento;

- Adição da demanda de água necessária para obtenção do espalhamento 260 ± 5 mm.
- Após a produção da argamassa e repouso de 30 minutos, os ensaios no estado fresco e as moldagens necessárias, para os ensaios no estado endurecido, foram realizados;
- A escolha dos teores dos aditivos selecionados foram 40/20 e 95/20.

Condições fixas:

- **CONSISTÊNCIA INICIAL:** Espalhamento: as argamassas serão produzidas de forma atender um espalhamento inicial de 260 ± 5 mm (SOUSA, 2005), medidos no equipamento denominado mesa de consistência (Flow Table), assim se determinará a demanda de água;
- **PARÂMETRO E:** foi utilizado um único parâmetro E, de forma avaliar o tempo de estabilização a partir da variação dos teores dos aditivos. O parâmetro E selecionado foi o E6, por tratar-se de uma série intermediária. Consumo de cimento: será utilizado um consumo fixo de cimento, aproximadamente 357 g.

O método de dosagem foi baseado nos conceitos de Selmo (1989), que leva em conta o parâmetro de dosagem “E” (equação 1).

$$E = \frac{(\text{areia} + \text{cal})}{\text{cimento}} \quad (1)$$

Este método permite montar curvas de correlações entre o parâmetro E com a relação cal/cimento e com a relação a/c, de forma a obter rapidamente o teor de água necessário para se obter uma consistência pré-determinada. Uma vez determinada as quantidades consideradas apropriadas de cal e água, é possível calcular o valor “real” do parâmetro “E” da mistura para determinadas consistências e trabalhabilidades

Variáveis dependentes:

As propriedades avaliadas a partir de ensaios que caracterizam as argamassas no estado fresco: densidade, espalhamento e o teor de ar incorporado. No estado endurecido foram avaliadas, a absorção capilar e o coeficiente de capilaridade.

Aos 28 dias realizou-se os ensaios de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade. Os ensaios de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade foram realizados conforme as prescrições da Norma NBR 15259:2005.

Os ensaios de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade foram realizados conforme as prescrições da Norma NBR 15259:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação de absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade).

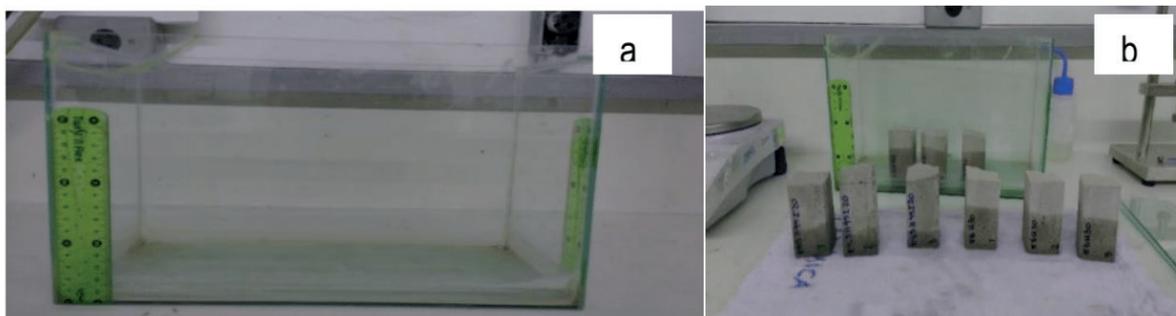


Figura 2 – Recipiente de vidro e realização dos ensaios de capilaridade.

a) Recipiente de vidro utilizado para realização dos ensaios; b) Amostras após a retirada do recipiente e secos superficialmente com pano úmido.

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho proposto propiciou:

- Conhecer as propriedades dos materiais de construção utilizados na cidade de Porto Velho-RO quanto a absorção capilar;
- Verificar a influência dos aditivos nas permeabilidades das argamassas de revestimento;
- Analisar os resultados dos ensaios e observar os desempenhos das argamassas quanto a permeabilidade (tabela 1 e figura 3);

5.1 Relação água/cimento

O aditivo impermeabilizante resultou relação água/cimento similar a das argamassas de referência (cimento:areia) (quadro 1). Estas argamassas manifestaram-se ásperas ou com baixa plasticidade. O espalhamento destas argamassas resultaram em valores entre 257 a 265 mm. Os aditivos impermeabilizantes misturados a água de amassamento das argamassas foram de um percentual de 4% sobre a massa do cimento.

ARGAMASSAS	RELAÇÃO a/c	ESPALHAMENTO
95/20 adit 1 brita	1,28	264
95/20 adit 2 brita	1,28	255
95/20 adit 1 areia lavada	1,2	261
40/20 adit 1 brita	1,27	256
40/20 adit 2 brita	1,27	256
40/20 adit 1 areia lavada	1,24	265
REF B	1,35	265
REF A	1,47	258
95/20 adit 1 brita	1,28	264

Quadro 1 – Relação água/cimento – argamassas de referência e produzidas com impermeabilizantes.

Já os aditivos plastificantes apresentaram as menores relação água/cimento quando comparadas as de referências, bem como melhoraram significadamente a plasticidade. Os traços ricos (E4,5) apresentaram as menores relação água/ cimento quando comparados aos demais traços, devido o maior consumo dos aditivos. Os percentuais de aditivos plastificantes e incorporadores misturados a água de amassamento das argamassas variam de 0,20% a 0,40%.

5.2 Estado fresco

No estado fresco foram avaliadas as propriedades de densidade de massa e o teor de ar incorporado gravimétrico, ambos de acordo com as orientações da norma ABNT NBR 13278:2005 e o espalhamento conforme a ABNT NBR 13276:2016.

A densidade de massa no estado fresco é inversamente proporcional ao teor de ar incorporado, ou seja quanto maior o teor de ar incorporado menor a densidade de massa e consequentemente maior é plasticidade das argamassas. Os resultados mostraram que as argamassas de referência (cimento:areia), e as aditivadas com impermeabilizante apresentaram densidades similares em torno de 1,72 a 1,85 g/cm³ (quadro 3).

Os teores de ar incorporados nas argamassas dependem do processo mecânico de mistura, do teor e do tipo do aditivo, além do tempo de mistura, ou seja, com o aumento da concentração dos aditivos, ocorre um aumento do teor de ar incorporado, para um mesmo tempo de mistura (RODRIGUES FILHO, 2013).

A plasticidade é influenciada pelo teor de ar incorporado (SILVA, 2011), e o teor de ar incorporado impacta na plasticidade, pela maior estruturação interna do sistema (RODRIGUES FILHO, 2013).

Os aditivos impermeabilizantes apesar de utilizarem um teor de aditivo de 4% não reduziu as densidades das argamassas, bem como não aumentou a plasticidade e o teor de ar incorporado variou de 5% a 17%, demonstrando que o impermeabilizante 2 incorporou ar proveniente de sua utilização, já as argamassas de referência mostraram apenas a incorporação de ar proveniente da mistura.

E/aditivos	Densidade de massa (g/cm³)	Teor de ar incorporado (%)
95/20 adit 1 brita	1,96	10%
95/20 adit 2 brita	1,92	12%
95/20 adit 1 areia lavada	1,55	27%
40/20 adit 1 brita	1,97	10%
40/20 adit 2 brita	1,92	12%
40/20 adit 1 areia lavada	1,59	25%
REF B	2,06	4%

REF A	1,92	7%
95/20 adit 1 brita	1,96	10%

Quadro 3- Densidade de massa e teor de ar incorporado – argamassas de referências e produzidas com aditivos impermeabilizantes.

Já as argamassas aditivadas com os plastificantes incorporaram um teor de ar entre 15% e 37% e apresentaram menores densidades em torno de 1,36 a 1,71 g/cm³ (quadro 4), bem como melhoraram a plasticidade. A norma brasileira ABNT NBR 13281:2005 não estipula requisitos quanto ao teor de ar incorporado para as argamassas. A norma americana, ASTM C270:12a (2012) estipula valores de teor de ar incorporados para as argamassas mistas e de cimento compreendidos entre 12 e 14% e para argamassas sem emprego de aditivos incorporadores de ar, valores inferiores a 8%.

Os teores de ar incorporados das argamassas estabilizadas, deste estudo demonstraram poucas variações. Macioski, Da Costa e Casali (2015), em seus estudos, verificaram valores de densidades de massa obtidos com um pequeno aumento em relação ao tempo de armazenamento, em 24 horas. Em relação ao teor de ar incorporado, em média, também houve uma pequena diminuição em relação ao tempo de armazenamento, conforme os mesmos autores.

Casali *et al* (2011) encontraram valores do teor de ar incorporado que apresentaram uma pequena redução ao longo do tempo ou se mantiveram, por 24 horas, muito elevado, em torno de 25% a 39%, devido a utilização de aditivos. Trevisol (2015) relatou teor de ar incorporado de 24,47% na produção das argamassas estabilizadas e com 48 horas; 18,53%. Nos estudos de Jantsch (2015), os valores obtidos para o teor de ar incorporado foram de 19,78 % para 36 horas e 21,49% para 72 horas. Vale salientar, que os autores estudados, não informaram as formulações das argamassas trabalhadas por eles.

Já as argamassas produzidas com os aditivos impermeabilizantes Os resultados mostraram que as argamassas de referência (cimento:areia) obtiveram valores de capilaridade variando de 5,16 g/dm².min^{1/2} a 18,20 g/dm².min^{1/2}, com exceção da argamassa E 4,5 I1 que apresentou um coeficiente de capilaridade de 1,30 g/dm².min^{1/2}. Já para as argamassas aditivadas com os plastificantes os coeficientes de capilaridade resultaram em 1,40 g/dm².min^{1/2} a 25,40 g/dm².min^{1/2}, devido a tendência de uma porosidade mais fechada (quadro 6).

E/aditivos	Coefficientes de capilaridade(g/dm ² .min ^{1/2})
95 20 adit 1 brita	1,15
40 20 adit 1 brita	3,50
40 20 adit 2 brita	4,20
95 20 adit 2 brita	2,20
REF BRITA	8,10

REF AREIA LAVADA	16,80
40 20 adit 1 AREIA LAVADA	5,80
95 20 adit 1 AREIA LAVADA	1,50

Quadro 6- Coeficientes de capilaridade das argamassas produzidas com aditivos plastificantes e incorporadores de ar.

O coeficiente de capilaridade permite medir a velocidade da sucção capilar que passa pela estrutura porosa dos revestimentos em argamassas em função da raiz quadrada do tempo, ou seja, ele é o coeficiente angular da reta, tomando-se no eixo das abscissas a raiz quadrada dos tempos de 10 minutos e 90 minutos, e no eixo das ordenadas as absorções de água correspondentes a estes tempos (RODRIGUES FILHO, 2013).

Quando se avaliou a absorção capilar ao longo dos tempos de 5, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos (figura 5), verificou-se que os aditivos conferem redução da absorção de água por capilaridade quando comparadas as argamassas que foram produzidas somente com cimento e areia e aquelas preparadas com o aditivo impermeabilizante.

A figura 5 mostra os resultados de maiores coeficientes de capilaridade para as argamassas E8 e para aquelas produzidas com aditivos plastificantes e incorporadores de ar P1 e P5, além do impermeabilizante I2. Já os menores coeficientes de capilaridade para argamassas produzidas com E4,5 e aditivos incorporadores de ar P5 e P6, além do impermeabilizante I1.

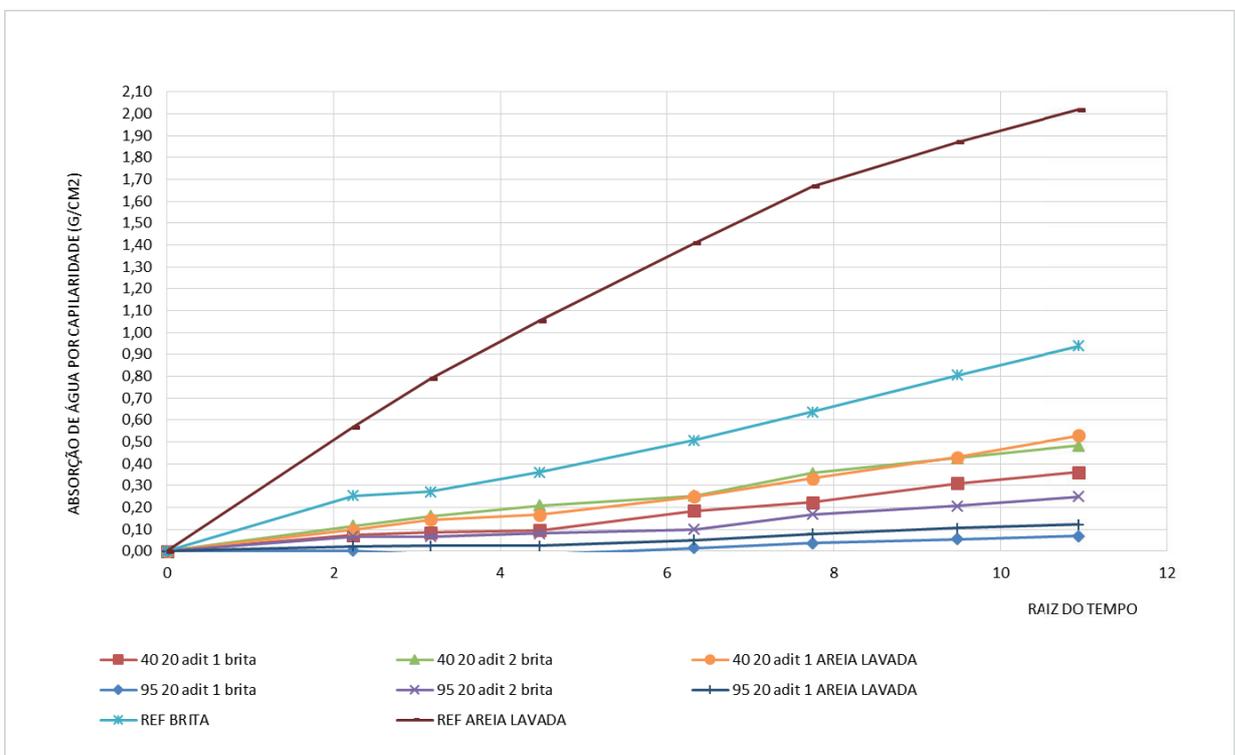


Figura 5. Raiz do tempo versus Absorção de água por capilaridade.

No caso das argamassas aditivadas com os incorporadores de ar, as séries

mostraram redução dos coeficientes de capilaridade, motivadas pela redução do teor de água necessário para a produção das argamassas conforme o incremento do aditivo (figura 6).

6 | CONCLUSÕES

Observa-se quanto ao teor de ar incorporado, os valores aumentaram conforme os aumentos dos teores dos aditivos. Quanto ao emprego do IAR na produção das argamassas estabilizadas, influenciaram nos teores de ar incorporados das argamassas e desta forma, promoveram reduções dos teores de água. Influenciaram quanto as melhorias das plasticidades, das trabalhabilidades e reduções da exsudações conforme seus incrementos nas produções das argamassas. Ao longo do tempo de estabilização, para a uma mesma série, o teor de ar incorporado não apresentou variações significativas.

Já o aditivo estabilizador de hidratação, obviamente, a depender de seu teor utilizado, promovem um tempo superior de utilização das argamassas. Quando associado ao IAR, potencializou os resultados da propriedade na redução da permeabilidade.

Conclui-se que é viável a substituição da areia natural pela areia britada na confecção de argamassas sem comprometer o desempenho dos revestimentos, desde que controlada a incidência de fissuras.

AGRADECIMENTOS

Os eventuais agradecimentos devem ser feitos numa secção separada (título com 18 pto antes, 6 depois), não numerada, antes das referências.

REFERÊNCIAS

ANGELIM, R. R.; ANGELIM, S. C. M.; CARASEK, H.. Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. C780: Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry. ASTM Internacional, West Conshohocken, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos– Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de

Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1:2013** - Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: 2013.

CASALI, J. M.; MANN NETO, A.; ANDRADE, D. A.; ARRIAGADA, N. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para assentamento e revestimento**. In: IX Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2011, Minas Gerais, 2011.

JANTSCH, A.C.A. **Análise da Permeabilidade de Argamassas Estabilizadas Submetidas a Tratamento Superficial com Aditivos Cristalizantes**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

KELLER, H.A.; LOVATO, P;S. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do tempo decorrido do seu preparo**. XVI Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo, 2016.

MACIOSKI, G; COSTA, M.M.C; CASALI, J.M. **Caracterização de argamassas estabilizadas submetidas à sucção de substrato poroso**. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Porto Alegre, 2015.

OLIVEIRA, VALÉRIA COSTA DE. **Estudo Comportamental da Formulação, dos Requisitos e das Propriedades das Argamassas Estabilizadas de Revestimento**. 2017. 173p Dissertação (Mestrado Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília. Distrito Federal. 2017.

PAES, I. N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

RESENDE, P.S.O. **Efeito do Ar Incorporado em Argamassas de Revestimentos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

ROMANO, C.R.O. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil**. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SALOMÃO, M. C. F. (2016). **Estudo da estrutura das argamassas de revestimento e sua influência nas propriedades de transporte de água**. Tese de doutorado Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

TEMP, A.L. **Avaliação de Revestimentos de Argamassa à Permeabilidade ao Vapor de Água**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

TREVISOL JR., L.A. **Estudo Comparativo entre as Argamassas: Estabilizada Dosada em Central, Industrializada e Produzida em Obra por meio de Ensaio Físicos nos Estados Fresco e Endurecido**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Tecnologia para Desenvolvimento (Institutos Lactec), Curitiba, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15575 - 4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de

vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BAÍA, L.L.M; SABBATINI, F.H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. 4a edição. Editora O Nome da Rosa, São Paulo, 2008.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT – CSTB. **Certification des enduits monocouches d'imperméabilisation**. Modalités d'essais. Cahiers du CSTB, Paris, Livrasion 341, n. 2669-4, juillet-août, 1993.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION - CSTC. **Hydrofuges de surface: choix et mise em oeuvre**. Bruxelles, 1982. 24 p. (Note D'Information Technique – NIT n. 140).

SALOMÃO, M. C. F. (2016). Estudo da estrutura das argamassas de revestimento e sua influência nas propriedades de transporte de água. Tese de doutorado Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, N.G. Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SOUSA, J.G.G. Contribuição ao estudo das propriedades das Argamassas de revestimento no estado fresco. Tese de doutorado Universidade de Brasília, Brasília, 2005. VERÇOZA, E. J. Patologia das Edificações. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15575 - 4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BAÍA, L.L.M; SABBATINI, F.H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. 4a edição. Editora O Nome da Rosa, São Paulo, 2008.

SALOMÃO, M. C. F. (2016). Estudo da estrutura das argamassas de revestimento e sua influência nas propriedades de transporte de água. Tese de doutorado Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUSA, J.G.G. Contribuição ao estudo das propriedades das Argamassas de revestimento no estado fresco. Tese de doutorado Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aderência 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 20, 42, 183, 276

Adições Minerais 38, 39, 49, 51, 55, 67, 81, 82, 90, 94

Aditivo 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 32, 33, 45, 46, 47, 74, 83, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 116, 119, 120, 125, 126, 127

Aditivo Plastificante 114, 116, 119, 120

Areia de Brita 13, 14, 16

Argamassas 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 97, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 126, 127, 130, 139, 206, 210

Argamassas Estabilizadas 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28, 105, 106, 112, 113

Arquitetura 30, 31

C

Cal Hidratada 1, 5, 10

Chapisco 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Cisalhamento Direto 128, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Colorido 30, 31, 32, 36, 37

Compósitos Cimentícios 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79

Concreto 3, 12, 13, 15, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 113, 115, 116, 123, 127, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 210, 211, 214, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 227, 231, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 245, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 298, 299, 303, 304

Corrosão 38, 40, 42, 49, 50, 51, 53, 54, 66, 67, 303

D

Detergente Doméstico 114, 116, 119, 125, 127

E

EPS 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 277

Escoramento 159, 160, 161, 162, 163, 168, 169

F

Fibras de Celulose 68, 71, 73, 78

G

Geossintéticos 128, 140, 141

I

Interação 55, 75, 76, 139, 143, 220, 250

Íon Cloreto 39, 42

L

Laje Pré-Moldada 159, 166, 168

M

Manifestações Patológicas 15, 51, 53, 223, 225, 226, 235, 301, 302, 303, 304

Metacaulim 11, 12, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 60, 62, 64, 65, 66, 67

Método dos Elementos Finitos 143, 144

Migração de Íons 39, 43, 45

Módulo de Elasticidade 81, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 164, 198, 201, 207, 210, 211, 214, 217, 218, 239, 242, 276, 289

P

Patologias 39, 97, 222, 223, 234, 252

Permeabilidade 13, 14, 16, 17, 18, 21, 23, 27, 28, 39, 40, 51, 65, 66, 112, 125, 306

Poliestireno Expandido 128, 129, 137, 138, 140, 141

Procedimento 11, 37, 49, 93, 105, 108, 132, 157, 165, 172, 174, 175, 185, 204, 211, 226, 229, 284, 292, 295, 304

Programa Computacional 61, 143

R

Reforço 11, 50, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 129, 232, 233, 236, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 272, 285, 288, 289, 304, 305

Rigidez à Torção 143, 144, 146, 148, 154, 155, 157

Rigidez Experimental 159, 167, 168

S

Sílica 12, 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Sílica Ativa 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 81, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 92, 93
Solos 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 142, 305, 306

 **Atena**
Editora

2 0 2 0