

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4



Marcia Regina Werner Schneider Abdala

(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
134	Impactos das tecnologias na engenharia civil 4 [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-543-3 DOI 10.22533/at.ed.433192008 1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série CDD 690
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A construção civil é um setor extremamente importante para um país, e como tal é responsável pela geração de milhões de empregos, contribuindo decisivamente para os avanços da sociedade.

A tecnologia na construção civil vem evoluindo a cada dia e é o diferencial na busca da eficiência e produtividade do setor. A tecnologia permite o uso mais racional de tempo, material e mão de obra, pois agiliza e auxilia na gestão das várias frentes de uma obra, tanto nas fases de projeto e orçamento quanto na execução.

A tecnologia possibilita uma mudança de perspectiva de todo o setor produtivo e estar atualizado quanto às modernas práticas e ferramentas é uma exigência.

Neste contexto, este e-book, dividido em dois volumes apresenta uma coletânea de trabalhos científicos desenvolvidos visando apresentar as diferentes tecnologias e os benefícios que sua utilização apresenta para o setor de construção civil e também para a arquitetura.

Aproveite a leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DURABILIDADE E DEGRADAÇÃO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REFORÇO COM FRP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Amanda Duarte Escobal Mazzú Mariana Corrêa Posterlli Gláucia Maria Dalfré	
DOI 10.22533/at.ed.4331920081	
CAPÍTULO 2	14
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTO DE CURA QUÍMICA FORMADOR DE MEMBRANA NA PROFUNDIDADE CARBONATADA DO CONCRETO	
Alisson Rodrigues de Oliveira Dias Daniel Mendes Pinheiro Wilton Luís Leal Filho João Mateus Reis Melo	
DOI 10.22533/at.ed.4331920082	
CAPÍTULO 3	26
ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	
Amanda Fernandes Pereira da Silva Hildegard Elias Barbosa Barros Diego Silva Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.4331920083	
CAPÍTULO 4	39
ESTUDO DAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA PONTE DO BRAGUETO EM BRASÍLIA - DF	
Erick Costa Sousa Juliano Rodrigues da Silva Marcelle Eloi Rodrigues Maysa Batista Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.4331920084	
CAPÍTULO 5	54
AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE	
Cristiane Santana da Silva Amâncio da Cruz Filgueira Filho Roberto de Castro Aguiar Klayne Kattiley dos Santos Silva Manueli Sueni da Costa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4331920085	

CAPÍTULO 6	66
CORROSÃO: MECANISMOS E TÉCNICAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ariane da Silva Cardoso Thayse Dayse Delmiro Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani Eliana Cristina Barreto Monteiro Tiago Manoel da Silva Agra	
DOI 10.22533/at.ed.4331920086	
CAPÍTULO 7	87
ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO VERTICAL PÚBLICA EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CIDADE DO RECIFE-PE	
Amâncio da Cruz Filgueira Filho Iago Santos Calábria Bruno de Sousa Teti Lucas Rodrigues Cavalcanti Amanda de Moraes Alves Figueira Walter de Moarais Calábria Junior	
DOI 10.22533/at.ed.4331920087	
CAPÍTULO 8	97
INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	
Romildo Alves Berenguer Yane Coutinho Lira Fernanda Cavalcanti Ferreira Thaís Marques da Silva Bráulio Silva Barros Joanna Elzbieta Kulesza	
DOI 10.22533/at.ed.4331920088	
CAPÍTULO 9	110
AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Diego Silva Ferreira Hudson Chagas dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4331920089	
CAPÍTULO 10	122
POLUIÇÃO VISUAL: ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DA CIDADE DE SINOP – MT	
Cristiane Rossatto Candido Renata Mansuelo Alves Domingos João Carlos Machado Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.43319200810	

CAPÍTULO 11 134

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NUMA EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE

Rafael Filgueira Amaral
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Lucíolo Victor Magalhães e Silva
Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Walter de Moarais Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.43319200811

CAPÍTULO 12 147

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Camila Fernanda da Silva Siqueira
Walter de Moarais Calábria Junior
Lucas Rodrigues Cavalcanti

DOI 10.22533/at.ed.43319200812

CAPÍTULO 13 159

ERROS CONSTRUTIVOS COMO ORIGEM DE PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO EM OBRAS NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB

Kleber de Sousa Batista
Maria Aparecida Bezerra Oliveira
Rafael Wandson Rocha Sena

DOI 10.22533/at.ed.43319200813

CAPÍTULO 14 171

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Luiz Oliveira Aguiar
Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.43319200814

CAPÍTULO 15 185

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA

Matheus Nunes Reis

DOI 10.22533/at.ed.43319200815

CAPÍTULO 16 199

INVESTIGAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM UM MURO DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DO RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Amanda de Moraes Alves Figueira
Walter de Moarais Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.43319200816

CAPÍTULO 17 213

MÉTODOS E ENSAIOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DE PATOLOGIA ESTRUTURAL EM PILARES DE CONCRETO ARMADO COM BAIXA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Robson Viera da Cunha
Itallo Mahatan Danôa Lima
Delio Leal e Silva
Flavio César Fernandes
Danilo Lima da Silva
José de França Filho

DOI 10.22533/at.ed.43319200817

CAPÍTULO 18 228

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO

Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar
Pablo Luiz Oliveira Aguiar
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.43319200818

CAPÍTULO 19 241

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite
Edjanissa Kettilan Barbosa da Silva
Adri Duarte Lucena

DOI 10.22533/at.ed.43319200819

CAPÍTULO 20 257

REFORÇO ESTRUTURAL, MONOLITIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
José Carlos Juvenal da Silva
Thaís Marques da Silva
Felipe Figueirôa de Lima Câmara
Manueli Suêni da Costa Santos
Dandara Vitória Santana de Souza
Cristiane Santana da Silva
Esdras José Tenório Saturnino
Igor Albuquerque da Rosa Teixeira
Marília Gabriela Silva e Souza
Carlos Eduardo Gomes de Sá Filho
Eliana Cristina Barreto Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.43319200820

CAPÍTULO 21	271
ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO	
Brenno Tércio da S. Miranda	
Cícero Jefferson R. dos Santos	
Danylo de Andrade Lima	
Edmilson Roque da Silva Júnior	
Larissa Santana Batista	
Marcelo Laédson M. Ferreira	
Marco Antônio Assis de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.43319200821	
CAPÍTULO 22	288
ESTUDO SOBRE INSERÇÃO DE RASPAS DE PNEUS NO TIJOLO ECOLÓGICO FABRICADO NA REGIÃO DE TERESINA-PI	
Francisca das Chagas Oliveira	
Francisco Arlon de Oliveira Chaves	
Linardy de Moura Sousa	
Marcelo Henrique Dias Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.43319200822	
CAPÍTULO 23	297
PROJETO SEPTICA – EXPERIÊNCIAS EM EXTENSÃO PARA O SANEAMENTO RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DO BRUMADO (MARIANA – MG)	
André de Oliveira Faria	
Aníbal da Fonseca Santiago	
Jefferson de Oliveira Barbosa	
Lívia de Andrade Ribeiro	
Thainá Suzanne Alves Souza	
Thaissa Jucá Jardim Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.43319200823	
CAPÍTULO 24	310
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS	
Romildo Alves Berenguer	
Yane Coutinho Lira	
Fernanda Cavalcanti Ferreira	
Thais Marques da Silva	
Bráulio Silva Barros	
Joanna Elzbieta Kulesza	
DOI 10.22533/at.ed.43319200824	
CAPÍTULO 25	322
CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE	
Victor Nogueira Lima	
Gabriela Linhares Landim	
Larissa de Moraes Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.43319200825	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	336
ÍNDICE REMISSIVO.....	337

AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE

Cristiane Santana da Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro – PE

Roberto de Castro Aguiar

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Klayne Kattiley dos Santos Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Manueli Sueni da Costa Santos

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

RESUMO: A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma reação química, que foi descoberta há mais de oitenta anos, em estruturas rodoviárias, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Com o passar dos anos, a reação foi sendo diagnosticada em diversos países e nos mais variados tipos de estruturas. No Brasil, os primeiros diagnósticos da RAA ocorreram em estruturas como barragens e usinas hidroelétricas. Só a partir da metade da década passada, começaram a ser encontrados casos em fundações de edifícios residenciais e comerciais, principalmente na

Região Metropolitana do Recife (RMR). Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa onde foi aplicado um questionário com 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado da construção. Objetivando, com este questionário, levantar as medidas tomadas para mitigar a reação. Com as construtoras o objetivo foi evidenciar que medidas e materiais estão sendo utilizados como prevenção. Com os calculistas o propósito foi visualizar quais as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e com as concreteiras identificar quais as medidas tomadas para verificação da reatividade dos agregados. Através desse estudo foi possível observar que os membros constituintes desta pesquisa tomaram várias medidas preventivas tais como a utilização de adições na confecção de seus concretos, assim como a utilização de ensaios para verificação da reatividade potencial dos agregados.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; Reação Álcali-Agregado; Fundações; Recuperação.

ALKALI-AGGREGATE REACTION MITIGATOR ACTIONS AGGREGATED WITH COMPANIES ACTING IN THE REAL ESTATE MARKET FOR RECIFE

ABSTRACT: The Alkalis-Aggregate Reaction (RAA) is a chemical reaction that was discovered more than eighty years ago in road structures

in the state of California in the United States. Over the years, the reaction has been diagnosed in several countries and in the most varied types of structures. In Brazil, the first diagnoses of RAA occurred in structures such as dams and hydroelectric power plants. It was only in the middle of the last decade that cases began to be found in residential and commercial building foundations, mainly in the Metropolitan Region of Recife (RMR). In this work a research was developed where a questionnaire was applied with 29 constructors, 05 calculators and 05 concretes operating in the construction market. With this questionnaire, aiming to raise the measures taken to mitigate the reaction. With the constructors the objective was to show that measures and materials are being used as prevention. With the calculators the purpose was to visualize what changes occurred in the structural projects and with the concrete ones to identify the measures taken to verify the reactivity of the aggregates. Through this study it was possible to observe that the constituent members of this research took several preventive measures such as the use of additions in the confection of their concretes, as well as the use of tests to verify the potential reactivity of the aggregates.

KEYWORDS: Concrete. Alkali-Aggregate Reaction. Foundations. Recovery.

1 | INTRODUÇÃO

A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma patologia passível de ocorrer em qualquer estrutura de concreto, desde que existam condições favoráveis ao seu aparecimento. Segundo Mehta e Monteiro (2008) constatam-se relatos na literatura de sua ocorrência na década de 1930, e apenas na década seguinte foi publicado o primeiro trabalho científico por Stanton. No Brasil, os primeiros relatos desta patologia foram datados na década de 1960 e 1970 em barragens como Peti, Apolônio Sales (Moxotó) e Pedras. Especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), o primeiro caso diagnosticado e divulgado no meio acadêmico de RAA foi em 2000, nos blocos de fundação da Ponte Paulo Guerra, que interliga os bairros do centro e da zona norte de Recife ao bairro de Boa Viagem. Apesar desse diagnóstico, o caso não foi difundido no meio técnico da engenharia pernambucana, não sendo objeto de alerta para a possibilidade de outras fundações de obras d'arte e edificações também apresentarem o mesmo problema. (ANDRADE, 2006)

De acordo com Andrade (2006), só a partir do final de 2004, com a queda do Areia Branca, edifício residencial de 12 pavimentos no Bairro de Piedade, começaram a ocorrer inspeções sistemáticas em fundações de edifícios na RMR, evidenciando o problema em uma intensidade elevada. Destaca-se que a causa do desabamento desse edifício não teve nenhuma correlação com a reação Álcali-Agregado. Com o descobrimento desta manifestação patológica em muitas fundações de estruturas de edifícios, pontes e viadutos, as informações começaram, a partir desse momento, a ser disseminadas no meio técnico, constatando-se que o fenômeno não estava restringido apenas em obras hidráulicas de grande porte. Na Figura 1 evidencia-se um quadro fissuratório em uma sapata de fundação de edifício comercial na RMR.



Figura 1 – Fissuração blocos.

Fonte: Andrade, (2006).

Executou-se uma pesquisa com as 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife com o propósito de identificar que medidas preventivas estão sendo utilizadas para inibir o aparecimento desta reação. Elaborou-se um questionário próprio para cada grupo descrevendo-se as mudanças ocorridas.

2 | REAÇÃO ÁLCALIS-AGREGADO

2.1 Histórico da Reação Álcalis-Agregado

Ao final da década de 30, Thomas Edison Stanton encontrou registros da reação no Sul da Califórnia (EUA) sobre os pavimentos de uma rodovia, com muitas fissuras e um processo de expansão. As patologias não estavam relacionadas à ação do congelamento e degelo causado por baixas temperaturas ou a corrosão das armaduras. Só em 1940 foram publicados estudos através da American Society of Civil Engineers que deixaram a comunidade científica preocupada Andrade e Figuerôa (2007). Investigaram-se suas ocorrências em diversas situações como obras hidráulicas, blocos de fundações, pavimentos, dormentes, estruturas de pontes, muros de concreto. Muitos países ao longo de todo o mundo relataram ocorrências do fenômeno e muitas pesquisas foram realizadas, destacando-se os Estados Unidos, que estabeleceram a maioria dos princípios básicos que norteiam a RAA.

Ainda podem ser citados o Canadá, alguns países europeus, Japão, China e Índia, como países em que estudos sobre RAA vêm sendo desenvolvidos. No Brasil as primeiras informações relatadas sobre a reação foram citadas nas décadas de 1960 e 1970 em três barragens nos estados de Minas Gerais, entre os estados da Bahia e Alagoas e no estado de São Paulo. Juntamente com duas barragens do sistema de abastecimento de água em Recife e Salvador. Em Recife o primeiro fato da ocorrência foi descoberto na Ponte Paulo Guerra, mais conhecido como ponte do Pina. Construída em 1977 verificou-se que durante as variações da maré visualizava-se que os dezesseis blocos da fundação estavam com fissuras intensas e que evidenciava-

se ser da RAA. Na Figura 2 demonstra-se um quadro fissuratório no bloco de uma fundação.



Figura 2 – Fissuras na face superior do bloco.

Fonte: Andrade, (2006)

2.2 Definição da Reação

A reação Álcali-Agregado é uma reação química e desenvolve-se entre os hidróxidos alcalinos (normalmente proveniente do cimento), minerais reativos (agregados graúdos ou miúdos) e a presença da água. Reagem entre si produzindo um gel, causando um quadro fissuratório na estrutura de concreto.

2.3 Condições e Fatores para seu Aparecimento

Fatores distintos interagem influenciando no mecanismo da RAA. Para o desenvolvimento desta reação deverá haver as presenças simultâneas de um agregado reativo, de álcalis em concentração suficiente, da água, do meio ambiente fornecendo umidade e de temperaturas altas que irão atuar na cinética da reação Silva (2009). Esses fatores são os condicionantes principais para o desenvolvimento da reação e serão descritos resumidamente mais à frente.

2.4 Álcalis no Cimento

Segundo Helene (2012), a reação que mais ocorre no Brasil, é a reação entre a sílica reativa contida nos agregados, a cal liberada pelo cimento, e os álcalis (sódio e potássio) da pasta de cimento. Os vários tipos de sílica presentes nos agregados reagem com os íons hidroxila. A água absorvida pelo gel pode ser parte da que não foi usada para a hidratação do cimento, água existente no local (reservatório, por exemplo), água de chuva e, até mesmo, água condensada da umidade do ar. Se o gel estiver confinado pela pasta de cimento, seu inchamento implica a introdução de tensões internas que, eventualmente, podem causar fissuras no concreto.

2.5 Agregado Reativo

Segundo Helene (2012) a denominada reação álcali-sílica-silicato, englobada na chamada reação álcali-sílica, consiste na reação entre os álcalis disponíveis do cimento

e/ou outras fontes e alguns tipos de silicatos que possam estar presentes em certas rochas sedimentares, rochas metamórficas e ígneas. É uma reação que está ligada à presença de quartzo tensionado, de sílica amorfa ou de minerais expansivos. O gel pode ser mais ou menos expansivo em função dos teores de álcalis e cal presentes.

2.6 Presença da Água

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água é o agente principal de deterioração física e química do concreto, pois além de ter grande facilidade em se mover através dos poros do concreto, devido ao tamanho de suas moléculas, é um excelente solvente, com capacidade de dissolver muitas espécies químicas, tornando-a rica em íons e gases capazes de causar a deterioração. Dois fatores estão diretamente ligados ao fator água/cimento e são bastante relevantes ao concreto a permeabilidade e a compacidade. Quando o fator água/cimento é diminuído o concreto ganha uma melhor resistência e sua permeabilidade é diminuída, esses fatores são importantíssimos para dirigirem a velocidade de penetração de agentes deletérios.

3 | MEDIDAS MITIGADORAS

Com o aumento do histórico das ocorrências de RAA em estruturas correntes no Brasil, no ano de 2006 foram iniciados, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estudos para o desenvolvimento de normas específicas sobre RAA. Em 14 de Maio de 2008, a norma foi promulgada, com foco voltado para a prevenção, através da eliminação de pelo menos um dos fatores condicionantes para o aparecimento da reação. Nesta norma foi estabelecido um guia para avaliação da reatividade potencial e o emprego de medidas preventivas para o uso de agregados reativos. Verificou-se que a recuperação das estruturas tem um alto custo e determinou-se uma avaliação do grau de risco da ocorrência da reação, considerando os seguintes fatores de condições de exposição da estrutura de concreto no ambiente, dimensões da estrutura ou do elemento do concreto e responsabilidade estrutural (estruturas provisórias, correntes ou especiais). Com estas determinações, a ABNT criou a NBR 15577 (ABNT, 2008) que preconiza o grau de risco e quais as ações preventivas necessárias para o tipo de estrutura a ser construída.

3.1 Medidas Preventivas

A reação Álcalis Agregado trata-se de uma patologia que ao instaurar-se no concreto, ocorrerá até que todos os álcalis presentes nos poros dos concretos e/ou as fases reativas dos agregados tenham reagido, pois é muito difícil eliminar a água do processo. Verificou-se que as recuperações de fundações afetadas eram muito onerosas, solicitando vultuosas cifras no processo de recuperação. Em função das várias fundações afetadas de grande e menor porte, concluiu-se que a prevenção seria o melhor caminho para evitar as deteriorações pela reação. A seguir serão

demonstrados os cuidados a serem tomados para prevenção da RAA, enfatizando-se sobre a necessidade do conhecimento quanto à reatividade dos agregados graúdos e miúdos, bem como o tipo do cimento utilizado.

3.1.1 Avaliação do Agregado

Para mitigar o aparecimento da reação o primeiro passo será a identificação quanto à reatividade do agregado graúdo e miúdo. Os agregados reativos possuem em sua composição fases mineralógicas silicosas suscetíveis à reação com os álcalis solúveis no concreto.

3.1.2 Limitar o Teor de Álcalis do Concreto

O cimento é a principal fonte fornecedora de álcalis. Porém outros fatores devem ser considerados, como águas superficiais ou subterrâneas e a dissolução dos componentes alcalinos nos agregados, pozolanas e escórias. Estudos indicam que cimentos com baixo teor de álcalis são aqueles com menos de 0,60% de equivalente alcalino. A RAA pode ser reduzida ou prevenida utilizando cimento com baixo teor de álcalis ou limitando o teor de álcalis total por m^3 de concreto. Um limite recomendável $3,0 \text{ kg}/m^3$ de Na_2O no concreto.

3.1.3 Adições Ativas

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por todo o mundo em busca de respostas e soluções preventivas e definitivas para o fenômeno. Conclui-se que as utilizações de adições ativas podem reduzir as expansões com o uso de cimentos CPIII e CPIV, reduzindo a permeabilidade em função da finura dos poros do concreto e a redução do pH através da diminuição do Hidróxido de Cálcio.

3.1.3.1 Adições ao Cimento

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido através de uma mistura de calcário e argila que passam pelo processo de britagem, moagem, mistura e queima para obtenção do clínquer. Este, juntamente com uma pequena quantidade de gipsita, passa por um processo de moagem, sendo o produto final denominado de cimento Portland. Na maioria dos clínqueres são encontrados, inevitavelmente, o sódio e o potássio em quantidades suficientes para desencadear RAA, caso as condições sejam favoráveis, sendo o sódio o mais comum. Estes dois elementos participam do grupo 1A na tabela periódica e são denominados de metais alcalinos ou álcalis. Os principais componentes do clínquer que reagem com a água são: C_3S (Silicato Tricálcico), C_2S (Silicato Bicálcico), C_3A (Aluminato Tricálcico), C_4AF (Ferroaluminato Tetracálcico). Os cimentos nacionais que possuem maior eficiência no combate a reação álcali-

agregado são os que além de possuírem clínquer mais gesso, tem adições minerais ativas em elevado percentual. Os dois cimentos nacionais com essas adições são os de alto forno, denominados de CP III e o pozolânico, denominados de CP IV. Porém, esses cimentos ainda são produzidos em baixa escala no mercado. Os cimentos CP II, de maior utilização no mercado imobiliário, possuem baixa eficiência no combate a reação. Na ausência de um cimento Portland adequado à minimização da RAA, pode-se fazer o emprego de adições minerais como o metacaulim e a sílica ativa conforme a NBR 12655 de 2006.

3.1.3.2 Adições ao Concreto

Muitas pesquisas e estudos estão sendo desenvolvidas no sentido de diminuir a ocorrência da reação e com foco no aumento de sua durabilidade das estruturas. As pesquisas são para adições químicas minerais e orgânicas nas dosagens de concretos convencionais. A utilização de materiais pozolânicos naturais e artificiais, cinzas volantes, escoria de alto forno e a utilização de cimentos especiais, tem ajudado na diminuição dos poluentes resultantes dos processos de industrialização de alguns materiais e com isso ajudando na diminuição dos consequentemente impactos ambientais. Estas adições vêm contribuindo significativamente na preservação das propriedades do concreto, bem como o aumento de sua durabilidade. Na RMR as adições mais utilizadas são as pozolanas e sua utilização transmite benefícios tecnológicos, econômicos e ecológicos ao concreto. Existem dois tipos de pozolanas: as naturais e as artificiais. pozolanas naturais são aquelas de origem ígnea sedimentar. São resultantes de atividades vulcânicas, uma vez que sua fase vítrea é formada por resfriamento brusco do material fundido, como exemplo tem-se o Metacaulim. As pozolanas artificiais são provenientes do tratamento térmico de determinadas argilas ou subprodutos industriais, com atividade pozolânica. Como, exemplo, tem-se a cinza volante, sílica ativa, cinza de casca de arroz, argila calcinada

4 | PESQUISA COM AS CONSTRUTORAS, CALCULISTAS E CONCRETEIRAS

A pesquisa foi uma iniciativa que teve como intuito principal tomar ciência do conhecimento de cada engenheiro envolvido no processo construtivo quando a RAA. Após os vários relatos citados neste material do aparecimento desta reação, envolvendo várias fundações de edifícios residências ou comerciais de grande ou pequeno porte, em sistemas hidrelétricos e de abastecimento de água, fundações de pontes e muitos outros, provando que a incidência desta doença ocorre indistintamente em qualquer fundação. Assim iniciou-se a coleta de dados e foram entrevistados engenheiros residentes, gerentes e diretores em busca dos resultados. Após a entrevista o profissional entrevistado, apresentava outro profissional até se chegar ao número de 29 construtoras envolvidas nestes relatos.

4.1 Construtoras

O questionário com as para construtoras atuantes no mercado imobiliário continha perguntas quanto ao conhecimento da reação e também quais os processos foram desenvolvidos no processo de construção. As referidas perguntas e respostas estão descritas abaixo, juntamente com o gráfico onde são demonstradas as respostas com os referidos percentuais:

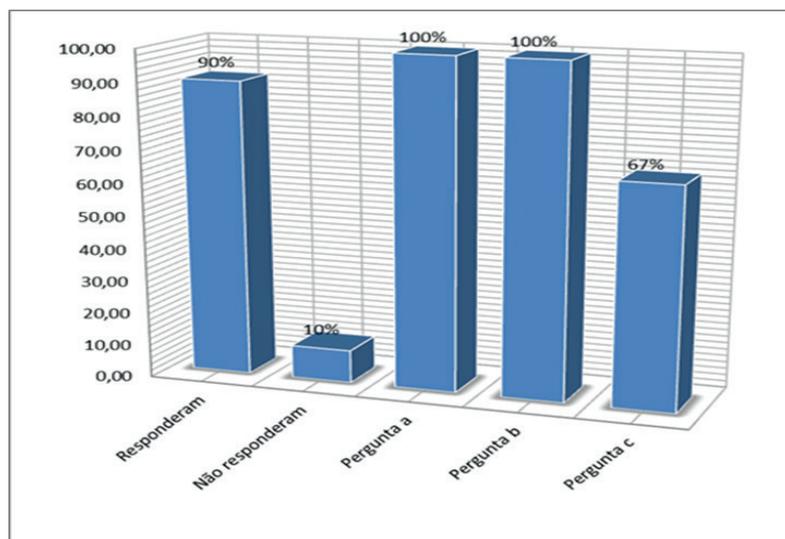


Figura 3 – Gráfico com respostas das Construtoras.

Fonte: Autoria própria, (2012)

a.) *Você conhece a reação Álcali Agregado?*

Resp: Sim, todas as construtoras citadas, que responderam o questionário, conhecem a RAA;

b.) *Quais as medidas mitigadoras que você tem tomado na execução de suas fundações para prevenir o aparecimento desta reação?*

Resp: Verificou-se que as medidas preventivas são executadas por 100% das construtoras entrevistadas, e são utilizadas as adições de metacaulim ou sílica ativa. Com relação aos agregados verificou-se que 7,5% das entrevistadas solicitam das usinas a avaliação dos agregados graúdos quanto a sua reatividade e também ensaiam os agregados utilizados nos concretos in loco;

c.) *Com as fundações concretadas, você utiliza alguma proteção externa, além das adições. Justifique:*

Resp: Para as proteções externas, após a cura do concreto, 67% das entrevistadas utilizam materiais a base de emulsão asfáltica ou materiais cimentícios.

4.2 Projetistas Estruturais

Com perguntas distintas, foram entrevistados alguns calculistas atuantes na RMR, em busca de informações sobre as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e quais as medidas mitigadoras foram tomadas para as concreiteiras no fornecimento dos concretos. O questionário continha as seguintes perguntas:

a.) *Quais as ações foram desenvolvidas no cálculo e detalhamento dos projetos estruturais, após o descobrimento da RAA em blocos de fundações?*

Resp: Verificou-se a necessidade de indicar no projeto de fundação, a contratação de um especialista na área de tecnologia do concreto para orientar sobre ações de prevenção para que o concreto seja resistente às reações deletérias, como o RAA, como também para descrever segundo sua composição e a relação a/c, quais os percentuais de adições de metacaulim ou sílica ativa seriam satisfatórios para o nível de exposição do concreto descrito em projeto. No caso do projeto, houve a alteração no detalhamento das armaduras dos elementos de fundação, principalmente nos blocos de coroamento das estacas por terem elevados volumes de concreto, dispondo de armaduras mais fortes nas laterais e na parte superior (através de malhas formando uma gaiola), a fim de evitar ou minimizar possíveis fissuras devido a algum processo de expansão do concreto.

b.) *Qual o seu parecer sobre investigar a reatividade dos agregados utilizados nos concretos, juntamente com o cimento, em busca de uma adição que mitigue o aparecimento da reação?*

Resp: A importância de continuar e aprofundar as investigações de combinações do uso das várias britas reativas de nossa região, com os cimentos mais usuais, a fim de aperfeiçoar as dosagens de adição com produtos cada vez mais eficientes e econômicos.

c.) *No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade dos Calculistas no sentido de combater esta manifestação patológica?*

Resp: No que tange à responsabilidade, com os grandes avanços obtidos na nossa região no entendimento e visão do comportamento das estruturas atacadas pela RAA, todos os calculistas devem estar conscientes da grande responsabilidade em adotar medidas preventivas para evitar ou reduzir ao máximo os efeitos danosos do aparecimento futuro da RAA nas novas fundações e é importante que as decisões sejam tomadas nas fases iniciais de projeto.

4.3 Concreiteiras

As concreiteiras entrevistadas responderam o questionário que continha as seguintes perguntas:.

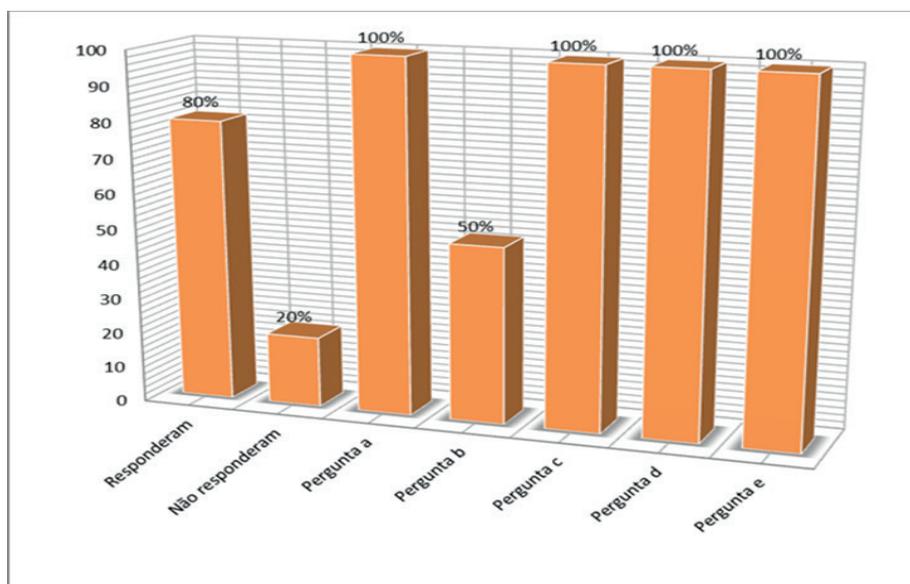


Figura 4 – Gráfico com respostas das Concreteiras.

Fonte: Autoria própria, (2012)

a.) *No processo de aquisição dos agregados miúdo e graúdo é exigido do fornecedor algum ensaio de reatividade do agregado?*

Resp: Verificou-se que as concreteiras solicitam os ensaios de reatividade dos agregados graúdo e miúdo, no processo de aquisição, e em algumas concreteiras executam novos ensaios antes da utilização do agregado.

b.) *Com a chegada dos agregados miúdo e graúdo na usina é executado algum ensaio de reatividade do agregado? E com qual periodicidade são executados estes ensaios? Justifique:*

Resp: Parte das concreteiras executa segundo ensaio e a periodicidade é sempre que muda a jazida.

c.) *Com o aparecimento da reação Álcali-Agregado quais as medidas mitigadoras são tomadas com os concretos fornecidos aos clientes?*

Resp: As medidas mitigadoras são à adição da sílica ativa ou metacaulim. Para os clientes que solicitam adições em seus concretos e não especificação seus percentuais, quais os critérios são considerados e quais os percentuais são adicionados no sentido de mitigar a reação.

Resp: Para os clientes que não solicitam adições, dependendo da área de exposição do concreto são orientados pela fornecedora quanto à importância das adições.

d.) *No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade das concreteiras no sentido de combater esta manifestação patológica?*

Resp: No que tange à responsabilidade, verificou-se a conscientização quanto à responsabilidade no processo produtivo do concreto. E a preocupação no fornecimento deste material, amplamente utilizado nas construções, tem levado as concreteiras a acompanharem as mudanças das jazidas, e executarem principalmente os ensaios

preliminares a fim de conhecer o produto final fornecido aos seus clientes, pensando sempre na durabilidade e na sustentabilidade. Na Figura 4 demonstra-se o resultado da pesquisa elaborada com as concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife..

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral verificou-se com esta pesquisa o conhecimento do problema e as medidas mitigadoras destinadas aos concretos de fundações da RMR. A utilização de adições, a busca por ensaios sobre a reatividade do agregado é uma realidade prevista nos processos de qualidade das construtoras, assim como também, a proteção externa nos elementos de fundação, através do uso de materiais cimentícios ou a base de emulsões.

Observou-se por parte das Construtoras o conhecimento acerca da reação RAA, o comportamento das fundações afetadas e seu comprometimento quanto a proteção de seus elementos de fundação. No caso dos calculistas verificou-se uma preocupação intensa principalmente no tocante a proteção e prevenção na busca por fundações saudáveis e isentas desta manifestação patológica. E nas concreteiras a preocupação é na orientação e no fornecimento de concretos destinados a fundações contendo adições e com agregados comprovadamente isentos da reatividade para evitar esta reação deletéria. Baseado neste trabalho citam-se algumas ideias com o objetivo focado na eficiência de cada processo envolvido na cadeia construtiva fazendo-se necessárias algumas mudanças, tais como:

A partir da concepção dos projetos estruturais, haver a participação direta de um profissional habilitado na determinação da composição dos concretos e de posse da relação a/c, analisar e determinar sobre os percentuais das adições em função do tipo da fundação e em função dos tipos de cimentos utilizados pelas concreteiras;

Inserir a exigência dos ensaios de reatividade dos agregados graúdos e miúdos, pelas construtoras e concreteiras, para conhecimentos dos materiais que estão sendo empregados na construção, considerando que nessa região possui várias jazidas de agregados reativos, já constatados. Prevê em projeto, durante sua concepção, locais de inspeções, que permitam a verificação das fundações, quanto ao aparecimento de reações deletérias como a RAA. A busca por concretos de qualidade e com durabilidade tem sido uma necessidade constante. Constata-se que o combate à reação Álcali-Agregado, assim como outras reações deletérias é de responsabilidade de Calculistas, Tecnólogos, Concreteiras e Construtores.

REFERÊNCIAS

Andrade, T.; Figuerôa, J. P. **O Ataque da Reação Álcali Agregado sobre as Estruturas de Concreto. A descoberta Pioneira da Ocorrência do Problema em Fundações de Pontes e Edifícios na Região Metropolitana do Recife.** Recife: Universitária- UFPE, 2007.

Andrade, T.; Silva, J. J. R.; Almeidar.; Figuerôa, J. P.; Kihara, Y.; Pecchio, M. **Diagnóstico de Reação**

Álcali-Agregado em Blocos de Fundação de um Edifício Público situado na Cidade do Recife/ PE. In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ANDRADE, T. **Histórico de Casos de RAA Ocorridos Recentemente em Fundações de Edifícios na Região Metropolitana do Recife.** In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577:2008: **Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto.** Rio de Janeiro, 2008.

Helene, P. **30 perguntas, especialistas respondem a questões sobre tecnologia de concretos e argamassas.** Técnica Tecnologia. São Paulo: PINI, Edição 185p.70, junho2012.

Mehta, P.K., Monteiro, J.M. **Concreto, Propriedades, Estruturas e Materiais.** São Paulo: Pini, 2008.

Silva, C. F. C. **Análise de Métodos de Prevenção da Reação Álcali Agregado: Análise Petrográfica e Método Acelerado de Barras de Argamassa.** 2009. 109f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alvenaria Estrutural 87, 332

Análise Estrutural 185

B

Bragueto 6, 39, 40, 44, 49, 51, 52

C

Carbonatação 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 66, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 85, 86, 99, 104, 107, 108

Cidade limpa 122

Comportamento a longo prazo 1

Concreto 14, 24, 38, 40, 53, 54, 59, 60, 64, 65, 66, 74, 84, 85, 86, 108, 109, 146, 155, 157, 158, 169, 184, 185, 198, 211, 212, 213, 227, 240, 245, 261, 268, 270, 274, 280, 286, 287, 321

Concreto Armado 84, 86, 108, 109, 169, 185, 198, 212, 227, 245

Construção 19, 38, 40, 109, 113, 122, 147, 184, 211, 240, 241, 273, 287, 321, 322

Corrosão 45, 50, 66, 68, 84, 85, 86, 102, 109, 110, 115, 117, 167, 212, 270

Cura química 14, 15, 17, 18, 23, 25, 176

D

Degradação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 26, 27, 28, 77, 84, 86, 100, 106, 107, 111, 112, 134, 135, 138, 142, 146, 159, 166, 167, 169, 200, 289

Diagnóstico de Manifestações Patológicas 97

Durabilidade 1, 52, 84, 96, 109, 157, 212

E

Edificações 87, 88, 96, 110, 113, 212, 241, 255, 256

Edifício 26, 65, 258

Ensaio e pilares 213

Estrutura 6, 32, 39, 43, 85, 87, 159, 199, 255, 321

F

Fachada 26, 32, 33, 128, 187, 194

Fiscalização 87, 96

Fissura 47, 110, 116, 250, 252

Fundações 54, 64, 65

G

GDE/UNB 39, 40, 41, 42, 49, 52

I

Inspeção 42, 52, 85, 97, 99, 100, 106, 109, 115, 116, 117, 118, 185, 211, 212
Inspeção de Estruturas 97

M

Manifestações patológicas 27, 32, 34, 66, 67, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 106, 108, 110, 111, 114, 115, 116, 119, 120, 134, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 171, 172, 173, 174, 183, 184, 186, 188, 189, 197, 201, 211, 214, 228, 229, 231, 241, 242, 243, 244, 245, 252, 255, 257, 259, 324, 329
Monitoramento 185, 192, 193, 300, 301

P

Patologia 34, 35, 38, 87, 109, 110, 113, 121, 146, 147, 158, 199, 201, 212, 227, 236, 241, 243, 252, 255, 256, 334
Poluição visual 122, 123, 124, 125, 126, 130, 131, 132
Ponte 6, 39, 40, 49, 51, 52, 55, 56, 97, 212
Pré-fabricado 171, 173
Prevenção 65, 146, 147, 199

Q

Qualidade visual 7, 122, 123, 124, 126, 127, 131, 132, 133

R

Reação Álcali-Agregado 54, 64
Recuperação 54, 66, 146, 147, 158, 199, 212, 227, 262, 274
Reforço com FRP 1
Resinas epoxídicas 1
Revestimento 26, 38, 141, 187, 188, 321, 332

T

Terapia 135, 137, 202, 258, 330

U

Umidade 50, 77, 110, 118, 140

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-543-3



9 788572 475433