

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

REFORÇO ESTRUTURAL, MONOLITIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

José Carlos Juvenal da Silva

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Thaís Marques da Silva

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Felipe Figueirôa de Lima Câmara

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Manueli Suêni da Costa Santos

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Dandara Vitória Santana de Souza

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Cristiane Santana da Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Esdras José Tenório Saturnino

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Marília Gabriela Silva e Souza

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Carlos Eduardo Gomes de Sá Filho

Universidade Católica de Pernambuco

Recife – Pernambuco

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: A reação álcali-agregado é uma das manifestações patológicas de maior grau de deterioração do concreto, principalmente em obras de infraestrutura, barragens, pontes e atualmente na fundação de edifícios residenciais na Região Metropolitana do Recife. Diante do exposto, dado ao grande número de obras afetadas pela RAA, a pesquisa buscou através de estudo de caso abordar o procedimento de execução dos serviços para recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização dos blocos de coroamento de estacas da fundação de um edifício residencial situado na cidade de Recife – PE. Com a recuperação, reforço estrutural, monolitização e a impermeabilização, espera-se que os blocos de coroamento das estacas de fundação continuem mantendo a garantia e a segurança da edificação.

PALAVRAS-CHAVE: Reforço estrutural, durabilidade dos materiais, manifestações patológicas, RAA.

STRUCTURAL REINFORCEMENT, MONOLITIZATION AND WATERPROOFING IN FOUNDATION BLOCKS

ABSTRACT: The alkali-aggregate reaction is one of the pathological manifestations of a high degree of deterioration of concrete, mainly in infrastructure works, dams, and currently the foundation of buildings in Recife downtown. Above mentioned, it's given a large number of works affected by the AAR, this study sought, through case studies, addressing the implementation procedure to make services for recovery, structural strengthening, waterproofing blocks crowning in the piles foundation of a residential building located in the city of Recife – PE. With the recovery, structural reinforcement, unity block and permeabilization, we expect blocks crowning of foundation piles continue maintaining the security and safety of the building.

KEYWORDS: Structural reinforcement, durability of materials, pathological manifestations, AAR.

1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento de casos de reação álcali-agregado (RAA) em obras residenciais nos últimos anos, é muito importante o aumento nas pesquisas sobre o assunto, tornando cada vez mais significativo a prevenção em obras novas para que se possa evitar este tipo de problema.

Todas as soluções usadas até o momento apresentam futuro incerto, necessitando de um monitoramento constante para verificação de sua eficácia. Um dos pontos que causa esta incerteza é o fato de ainda não ser possível determinar todo o potencial e o período de expansão pela RAA.

A origem dos problemas patológicos está distribuída da seguinte maneira: 40% projeto, 28% execução, 18% materiais, 10% uso e 4% planejamento. Com base nesses dados, verifica-se a necessidade de um estudo sobre essas causas que são conhecidas, a terapia que será escolhida com maior precisão e como consequência far-se-á a escolha mais econômica o possível (RIBEIRO & HELENE, 2013).

Na cidade do Recife, Pernambuco, existiu uma curiosa casa no formato de navio construída em 1940, a casa pertencia ao empresário Aldemar da Costa Carvalho.

Com arquitetura semelhante ao navio Queen Elizabeth a edificação era composta por sala de reunião, quartos, suítes, salão de jogos, cinema, restaurante e até uma cabine de comando com todos os equipamentos originais de um navio.

O Edifício Residencial construído onde se situava a famosa Casa Navio tornou-se um prédio de 22 andares constituído de dois apartamentos por pavimento somando um total de 44 apartamentos. O Edifício Residencial teve sua obra iniciada ainda no ano de 1981 e sua finalização em 1984, somando hoje um total de 34 anos da sua conclusão.

No edifício residencial analisado foi verificada a ocorrência de RAA através do ensaio de análise petrográfica e a partir deste foi observado que o concreto exibia

indícios de início da ocorrência de reação álcali-agregado do tipo álcali-silicato.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manifestações Patológicas

Em 2005 constatou-se a ocorrência da anomalia em blocos de fundações em edifícios urbanos na cidade de Recife – PE, em escala inédita para o meio técnico de todo o mundo.

As principais características eram: baixa profundidade do lençol freático, presença de fases reativas nos agregados (quartzo com extinção ondulante e quartzo microgranular) e disponibilidade de álcalis.

Aproximadamente 20 casos de elementos de fundação com reação álcali-agregado foram descobertos na região metropolitana de Recife com idade entre três e 30 anos (ANDRADE *et al.*, 2006)

2.2 Reação Álcali – Agregado

A reação álcali-agregado foi estudada inicialmente por Stanton, (1940) na Califórnia, quando identificou este processo como sendo uma reação deletéria que ocorria entre os constituintes do concreto, a sílica do agregado, os álcalis do cimento e a presença de água, o qual denominou reação álcali-agregado.

De acordo com constatações experimentais, a reação era capaz de formar eflorescências brancas, causar expansão e fissurações; Tais fatos puderam ser observados em diversas estruturas reais afetadas na Califórnia, durante os anos 1920 a 1930.

A reação álcali-agregado é uma das manifestações patológicas de maior grau de deterioração do concreto, principalmente em obras de infraestrutura, barragens e pontes.

Os principais fatores que influenciam a reação provêm de processos químicos entre alguns dos compostos mineralógicos do agregado com hidróxidos alcalinos originários do cimento, água de amassamento e agentes externos os quais estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Segundo Metha e Monteiro, (2014) as expansões e fissurações devidas à RAA podem comprometer o concreto resultando em perda de resistência, elasticidade e durabilidade.

2.3 Tipos de reações

Há três tipos de reações correspondentes aos tipos de reação álcali – agregado, que podem favorecer o desencadeamento das manifestações patológicas nos materiais cimentícios (HASPARYK, 2005).

1. Reação Alkali – Silica: Ocorre quando a dissolução dos hidróxidos dos

álcalis com a sílica amorfa presentes em agregados como: opala, calcedônia, cristobalita, tridimita, certos tipos de vidros naturais (vulcânicos) e artificiais, e o quartzo microcristalino/criptocristalino deformado.

2. Reação Alkali – Silicato: Esta reação acontece por um processo semelhante ao da reação álcali-sílica, devido ao fato de os minerais reativos estarem mais disseminados na matriz e há a presença de quartzo deformado;

3. Reação Alkali – Carbonato: É um tipo de reação que ocorre de maneira diferente das outras apresentadas anteriormente, uma vez que o produto desta reação não forma o gel alcalino.

2.4 Teor de álcalis no cimento

Acredita-se que se o conteúdo alcalino do cimento for menor que 0,6%, não ocorrem danos provenientes de RAA, independentemente dos agregados reativos. Entretanto, em concretos contendo um consumo muito alto de cimento há possibilidade de ocorrência de danos até para conteúdo de álcalis menor que 0,6%. Investigações na Alemanha e Inglaterra mostram que conteúdo total de álcalis menor que 3 kg/m³ provavelmente não causam danos por RAA (METHA & MONTEIRO, 2014).

2.5 Métodos para detectar a Reação Álcali – Agregado

- Método Osipov: É um método térmico de ensaio mais conhecido como Método Osipov devido ao Eng.º Albert Osipov ter criado e desenvolvido no Instituto Hydroproject de Moscou. O método consiste em submeter o agregado gráudo a uma temperatura de 1000° C (Celsius) durante 60 segundos. O agregado contendo fase mineralógica reativa, ao ser exposto a uma temperatura elevada, fragmenta-se dando indícios de sua potencialidade expansiva, porém sua não fragmentação não dá subsídios para conclusões finais (ZAMBOTTO, 2014).
- Análises Complementares: Este método submete os agregados com dimensões de 20 mm a 50 mm, à alta temperatura aproximadamente 1000° por 60 segundos. Considera-se que o agregado caso possua mineralógica reativa venha desagregar-se quando exposta à temperatura elevada. Havendo fragmentação do agregado, isto seria um indício da potencialidade reativa da rocha analisada (VALDUGA, 2002). Entretanto, isso não determina que se o agregado não se desagregar ele não poderá ser potencialmente reativo.
- Método Químico: É um método que foi desenvolvido entre 1947 e 1952 por Richard Melem, onde foram avaliados 71 agregados verificando Sílica Dissolvida (Sd) e a redução da alcalinidade (Rc) e passando estes resultados para um gráfico onde representava o limite entre os materiais deletérios e inócuos NBR 9774:1987. A vantagem é a rapidez com que é realizado, porém a desvantagem é de resultados não tão precisos devido a exposição do agregado a ambientes agressivos por 24 horas.
- Método das rochas Carbonáticas: Este método é aplicável exclusivamente na verificação de características expansivas de rochas carbonáticas. É um

método alternativo já que a reação deste tipo de rocha não pode ser detectada por outros métodos por constituir um processo de expansão completamente diferente dos outros dois tipos de reação.

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): Não é um método de avaliação de RAA, pois não analisa os agregados diretamente, mas avalia estruturas que já possuam as reações desencadeadas. O MEV possui alta resolução e grande profundidade de foco. A amostra é alcançada por um feixe de elétrons e diversas informações podem ser fornecidas a partir dos sinais originados.
- Método de Barras Acelerado: Este método determina por meio da variação de comprimento de barras de argamassa, a suscetibilidade de um agregado participar da reação expansiva álcali-sílica na presença dos íons hidroxila associados aos álcalis do cimento NBR 15577:2008. É chamado de acelerado, pois os resultados podem ser lidos em apenas 30 dias, em comparação ao método de barras que os resultados são apresentados em um ano.
- Método de Prisma de Concreto: É um método de ensaio de longa duração que representa melhor às condições para avaliação da reação álcali agregados, pois utiliza prisma de concreto e não argamassa como no método acelerado. De acordo com a NBR 15577:2008, as expansões são limitadas por uma taxa de 0,04%, ou seja, para expansões inferiores a 0,04% os agregados são classificados como potencialmente inócuos ou potencialmente reativos.
- Análise Petrográfica: Esta análise é um estudo macroscópico dos materiais naturais, identificando seus elementos constituintes e propriedades, visando sua utilização NBR 7389:2009 e NBR 15577:2008.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas estão dispostas no fluxograma mostrado na Figura 1 e em seguida a descrição detalhada das mesmas.

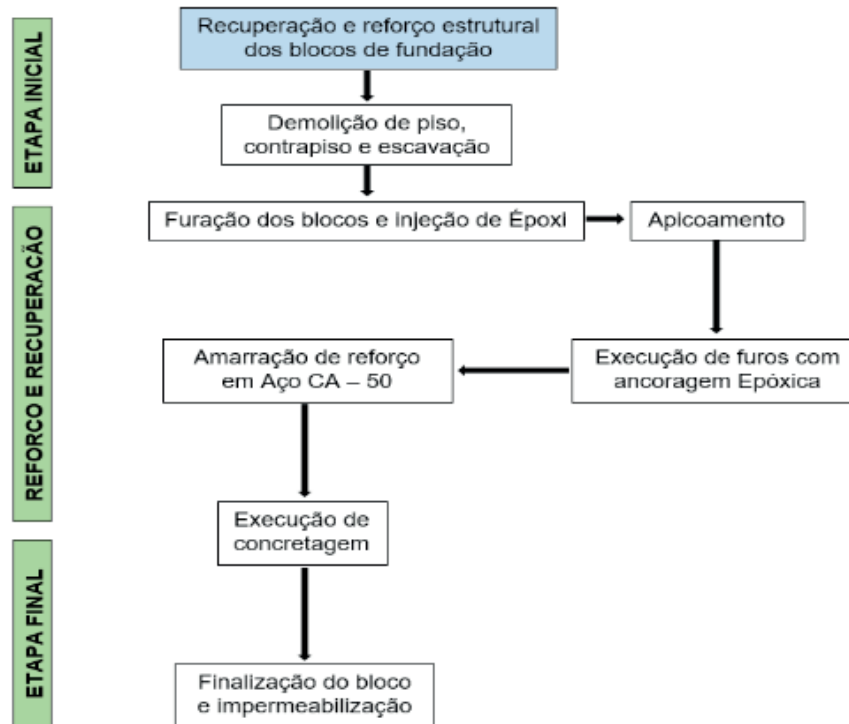


Figura 1 – Fluxograma dos métodos utilizados no processo de recuperação e reforço estrutural dos blocos de fundação.

Fonte: Autores, 2018.

3.1 Recuperação e reforço estrutural dos blocos de fundação

A recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização, ocorreram durante um período de seis meses onde foram executados os serviços necessários para que os blocos da fundação fossem recuperados e reforçados.

3.1.1 Demolição de piso, contrapiso e escavação

A demolição do piso e contrapiso foram executadas com martelos elétricos operados manualmente como mostra a Figura 2, fazendo a liberação do material do aterro que teve sua remoção realizada manualmente. Foram colocadas madeiras para fazer o escoramento das cavas para manter as paredes das cavas em seu devido lugar evitando assim o escorregamento das mesmas.



Figura 2 – Demolição de piso, contrapiso e escavação

Fonte: Autores, 2012.

3.1.2 Escavação para liberação do bloco

A escavação foi feita através de processo manual com o objetivo de liberar as superfícies dos blocos para prosseguir com os trabalhos subsequentes. Os blocos apresentavam fissuras por completo em todas as faces. A Figura 3 mostra o bloco exposto depois de retirado o aterro antes da lavagem e com as cavas escoradas para evitar desmoronamento do aterro do piso.

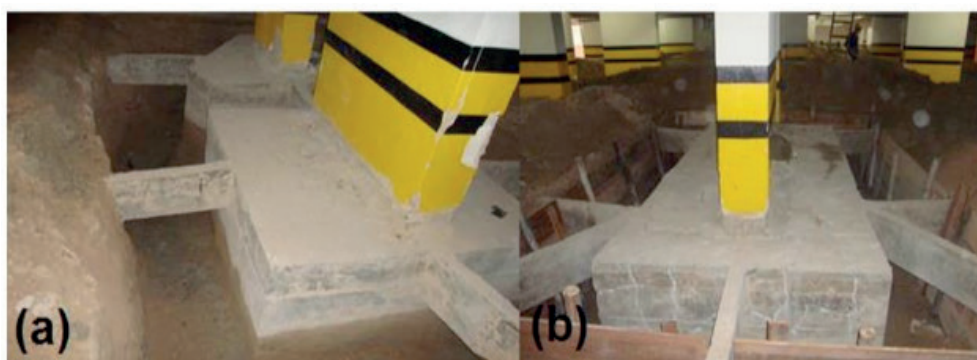


Figura 3 – Bloco com aterro escavado (a) e cavas dos blocos escoradas (b)

Fonte: Autores, 2012.

3.1.3 Lavagem dos blocos

A lavagem foi feita através da aplicação de jato de água fria, técnica de limpeza largamente utilizada para preparação das superfícies dos blocos para melhor aparentar as fissuras e para a futura recepção do material de reparação.

3.1.4 Furação dos blocos

Foram abertos furos ao longo do desenvolvimento das fissuras, com diâmetro

na ordem de ($10.0 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$) e profundidade aproximadamente de 30 mm, obedecendo a um espaçamento na faixa de ($0.15 \text{ m} \leq E \leq 0.30 \text{ m}$) em função da abertura das fissuras (tanto maior quanto mais aberta esta for), mas sempre respeitando um máximo de 1,5 vezes a profundidade da fissura. A Figura 4 mostra um bloco sendo furado e também sendo ancoradas as mangueiras onde através das quais foi injetado o epóxi de alta fluidez.



Figura 4 – Execução de furos e ancoragem das mangueiras

Fonte: Autores, 2012.

3.1.5 Injeção de Epóxi

Nos furos foram fixados tubinhos plásticos de diâmetro um pouco inferior ao da fundação, com parede um pouco espessa para suportar a injeção do produto que irá preencher as fissuras internas do bloco de fundação.

A ancoragem dos tubos foi feita com adesivo estrutural a base de Epóxi e o intervalo de fissuras entre dois furos consecutivos foi selado com argamassa de Graute.

O Graute apresenta alta resistência mecânica e excelente aderência à superfície sobre a qual é aplicado, além de não apresentar retração. Utilizam-se compostos isentos de cloretos e componentes metálicos, obtendo-se um concreto de grande fluidez, expansão controlada, grande trabalhabilidade e autonivelamento.

3.1.6 Apicoamento

O apicoamento é um método de preparação das superfícies onde são utilizados equipamentos dotados de placas com pontas de material duro e resistente. Assim golpeiam a superfície do elemento estrutural a ser tratado provocando pequenas fraturas tanto na argamassa superficial como no agregado, deixando a superfície do substrato bastante áspera.

Este método está associado com atividades de remoção superficial de concreto,

revestimentos e cobrimentos. Não deve avançar além destas pequenas espessuras, e em hipótese alguma se permite que o apicoamento comprometa a integridade estrutural.

3.1.7 Execução de furos nos locais indicados no projeto de reforço com ancoragem epóxica

Os furos foram feitos nos locais especificados no projeto e em seguida foi aplicada a resina epóxi estrutural para fazer a ancoragem da armação, tanto no bloco como no pilar foi feita a ancoragem da armação. A Figura 5 mostra a execução dos furos de ancoragem com broca elétrica.



Figura 5 – Execução de furação para ancoragem da armação de reforço

Fonte: Autores, 2012.

3.1.8 Execução de furos nos locais indicados no projeto de reforço com ancoragem epóxica

A armação foi especificada em projeto estrutural tendo duas camadas de ferro fazendo a armação superior do bloco e uma camada revestindo a lateral do bloco. Desta forma, foi obtido um bloco reforçado na sua parte superior e na lateral, onde foi usado aço CA – 50 com diâmetro de 10 mm como mostra a Figura 6.



Figura 6 – Bloco com armadura de reforço

Fonte: Autores, 2012.

3.1.9 Execução da concretagem

A concretagem foi executada no bloco com concreto estrutural dosado em central de concreto com fck igual a 40 MPa e aditivado com microssílica. O concreto foi aplicado nos blocos manualmente sendo coletado no caminhão com carros de mão e levados até o bloco onde foi despejado e vibrado.

3.1.10 Finalização do bloco e impermeabilização

Após o início da cura do concreto com aproximadamente 24 horas da concretagem, foram retiradas as formas de madeira deixando o bloco finalizado aguardando a impermeabilização. A impermeabilização superficial do concreto estrutural foi feita com Viaplus 1000, revestimento impermeabilizante, semiflexível, bicomponente (A+B) à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros impermeabilizantes. A Figura 7 mostra o bloco de fundação finalizado e impermeabilizado.



Figura 7 – Bloco finalizado e impermeabilizado

Fonte: Autores, 2012.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas algumas visitas técnicas, com intuito de desenvolver um fluxo de resultados adquiridos por fotografia, análise qualitativa dos blocos e inspeção visual para referenciar as avaliações. De acordo com análises fotográficas, inspeções qualitativas e das características da manifestação patológica encontrada nos blocos construídos, buscou-se embasamento nos meios teóricos como artigos científicos, monografias, dissertações, teses, entre outras fontes bibliográficas referentes ao tema em estudo objetivando a presença da manifestação patológica a fim de identificá-la, ter conhecimento de sua origem, causas e efeitos estruturais.

Desta forma, alguns ensaios realizados pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, foi-se necessário onde apresenta os resultados dos estudos referentes a um corpo de prova de concreto extraído e enviado pelo interessado com o objetivo de avaliar sua qualidade e durabilidade, com ênfase na ocorrência de eventuais reações expansivas formadas pela manifestação patológica estudada.

Além disso, realizaram-se observações macroscópicas e microscópicas através de microscopia estereoscópica (luz refletida), microscopia óptica (luz transmitida) e microscopia eletrônica, através de técnicas analíticas, tais como difração de raios-x e espectroscopia de infravermelho, usadas para caracterizar a textura e forma cristalina da sílica nas partículas dos agregados. Sobre os minerais e a natureza do agregado quanto a sua nocividade em relação à RAA, o agregado foi investigado pela análise petrográfica para identificar minerais potencialmente reativos.

4.1 Síntese do ensaio realizado pela ABCP

De um modo geral o concreto apresenta características e aspectos estruturais

e texturas próprias de concretos submetidos a processos normais de preparação e dosagem, com adensamento e homogeneização adequados. Na Figura 8 temos uma amostra do concreto no qual apresenta bordas de reação ao redor do agregado graúdo e material esbranquiçado depositado dentro de um poro.



Figura 8 – Amostra ensaiada do concreto

Fonte: Autores, 2012.

A Figura 9 mostra o detalhe do concreto no qual se observam microfissuras na argamassa preenchidas por um gel que se desenvolve no contorno dos agregados miúdos - Microscópio de luz transmitida.

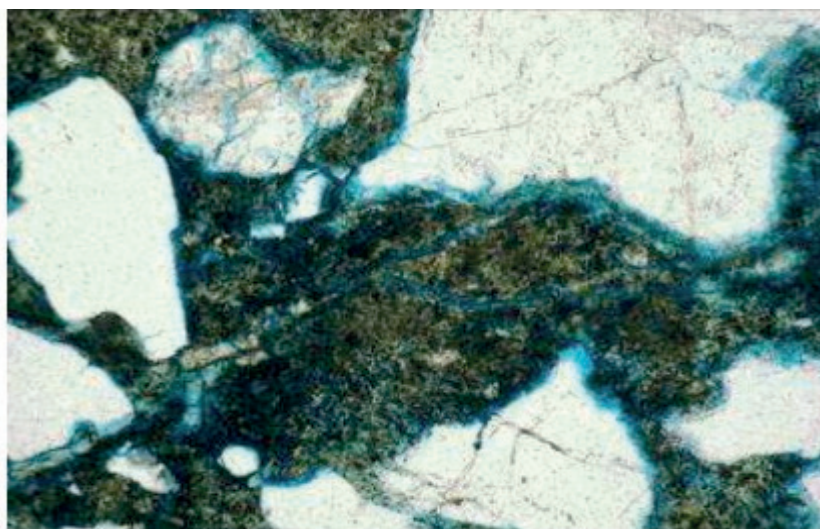


Figura 9 – Concreto no qual se observam microfissuras

Fonte: Autores, 2012.

A amostra de um modo geral apresenta argamassa de coloração cinza clara e agregados utilizados são do tipo pedra britada e areia natural. O agregado graúdo possui características e texturas que permitem caracterizá-lo como potencialmente reativo frente aos álcalis do concreto.

Observa-se também que o concreto exhibe feições típicas da instauração da reação álcali-agregado do tipo álcali-silicato. Os agregados exibem definidas bordas de reação e o microscópio eletrônico pode caracterizar os produtos da reação materializados principalmente por um gel expansivo que está disposto principalmente na interface pasta-agregado ou na exsudação pelos poros da argamassa.

Desta forma, pode-se constatar que os blocos da fundação do edifício residencial estão inseridos num ambiente propício a ocorrência da reação álcali – agregado, pois temos o conjunto: agregado reativo, álcalis do cimento e lençol de água muito superficial.

Disponibilizando todos os elementos para o fechamento desta reação e a partir da comprovação da análise da ABCP, foi decidido dar início a recuperação dos blocos da fundação, através dos métodos e materiais já descritos neste artigo.

5 | CONCLUSÕES

É fundamental que exista um plano de investigação sobre ocorrências de RAA e que seja inserido no plano de manutenção das estruturas de edifícios residenciais além das outras estruturas já existentes, uma vez que já existem casos de ocorrências deste tipo de ataque em fundações de obras residenciais na Região Metropolitana do Recife.

A reação álcali-agregado deve ser evitada ao máximo em obras novas, pois não existe uma solução definitiva para este tipo de problema. As soluções usadas até o momento não têm uma garantia permanente, necessitando de monitoramento constante para verificação de sua integridade.

A recuperação dos blocos que foram atacados pela reação álcalis-agregados, fissurados como resultado do ataque desta reação teve como intervenção a recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização para que os blocos voltassem a ter as suas funções físico-mecânicas restauradas.

Espera-se que esses blocos continuem fazendo parte da fundação, garantindo a segurança da edificação nas condições de blocos recuperados e reforçados. Assim, faz-se necessário a prevenção da patologia realizando monitoramento periódico, manutenção das estruturas, comprometimento das propriedades do concreto e substituição dos elementos afetados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; SILVA, J. J. R.; HASPARYK, N. P.; SILVA, C. M. Investigação do potencial de reatividade para o desenvolvimento de RAA dos agregados miúdos e graúdos comercializados na Região Metropolitana do Recife. In: II SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2006. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7389**: Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto - Parte 1: Agregado miúdo. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9774**: Agregados – verificação da reatividade potencial pelo método químico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-3**: Agregados – Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-4**: Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-6**: Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.

HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel exsudado**. Porto Alegre, 2005.326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2014.

RIBEIRO, D. V.; HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. Elsevier, 2013; p.240

STANTON, T. E. (1940), “**Expansion of Concrete Through Reaction between Cement and Aggregate**”. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 66, p. 1781-1811.

VALDUGA, L. **Reação Álcali-agregado: Mapeamento de agregados reativo do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Escola de Engenharia Civil, Campinas- SP, 2002.

ZAMBOTTO, D. **Estudo preliminar dos efeitos da reação Álcali-agregado nas respostas estruturais de pavimento de concreto**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de transporte. São Paulo, 2014.

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