

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: Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A 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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DURABILIDADE E DEGRADAÇÃO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REFORÇO COM FRP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Amanda Duarte Escobal Mazzú Mariana Corrêa Posterli Gláucia Maria Dalfré	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920081</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920082</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920083</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920084</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>54</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920085</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920086</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>87</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920087</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>97</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920088</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>110</b>
AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Diego Silva Ferreira Hudson Chagas dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920089</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>122</b>
POLUIÇÃO VISUAL: ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DA CIDADE DE SINOP – MT	
Cristiane Rossatto Candido Renata Mansuelo Alves Domingos João Carlos Machado Sanches	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200810</b>	

**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**

<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>271</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200821</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>288</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200822</b>	
<b>CAPÍTULO 23 .....</b>	<b>297</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200823</b>	
<b>CAPÍTULO 24 .....</b>	<b>310</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200824</b>	
<b>CAPÍTULO 25 .....</b>	<b>322</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200825</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>336</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>337</b>

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

**Robson Viera da Cunha**

Instituto Federal do Piauí, Teresina-PI, Brasil

**Itallo Mahatan Danôa Lima**

Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI

**Delio Leal e Silva**

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

**Flavio César Fernandes**

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

**Danilo Lima da Silva**

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

**José de França Filho**

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

**RESUMO:** O concreto na sua composição natural pode apresentar diversas propriedades que podem ser alteradas em virtude do tipo e quantidade dos componentes envolvidos. Para identificar tais propriedades é necessário que seja feito experimentos utilizando métodos e equipamentos específicos para determinada finalidade. A resistência à compressão é a característica mecânica mais importante do concreto. Os pilares de concreto armado, por desempenharem um papel muito significativo no equilíbrio do conjunto da estrutura e por estarem submetidos predominantemente a compressão, é muito importante o correto diagnóstico dos problemas encontrados, sendo assim, é imprescindível o uso dos mais diversos ensaios para que se conheça a causa que facilite na

melhor escolha da ação corretiva. Diante deste contexto, este trabalho tem a finalidade de fazer um estudo de caso para a obra Residencial Santa Thereza na cidade de Teresina - PI, com o objetivo de validar baixa resistência mecânica em pilares, constatada pelo ensaio de compressão, relatando o uso dos mais diversos métodos e recursos utilizados para auxiliar no diagnóstico e reabilitação, através dos ensaios de esclerometria, pacometria, resistência à compressão de corpos de provas submetidos à extração, ultrassonografia e módulo de elasticidade. Após análises e comparação dos resultados verificou-se que para todos os ensaios foi validado a resistência à compressão inferior à de projeto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto, ensaio e pilares.

### METHODS AND TESTS USED FOR STRUCTURAL PATHOLOGY VALIDATION IN REINFORCED CONCRETE COLUMNS WITH LOW COMPRESSIVE STRENGTH

**ABSTRACT:** The concrete in its natural composition may present different properties that can be changed due to the type and quantity of the components involved. To identify such properties is necessary performing certain experiments using specific methods and equipment for a particular purpose. The

compressive strength is the most important mechanical feature of the concrete. The reinforced concrete columns, which play a very significant role in the set structure balance and are predominantly subjected to compression, make a correct diagnosis of the problems encountered very important, therefore, the use of various tests is essential for the knowledge of the cause to facilitate the best choice of corrective action. In this context, this work aims to make a case study for the Residencial Santa Thereza work in the city of Teresina - PI, in order to validate the low mechanical strength on columns, found by the compression test, reporting the use of the most various methods and resources used to aid in the diagnosis and rehabilitation, through the scratch tests, pacometry, compressive strength of bodies of evidence submitted to the extraction, ultrasound and elastic modulus. After analysis and comparison of the results it was found that for all tests was validated compressive resistance lower than that designed.

**KEYWORDS:** Concrete, essays and columns.

## 1 | INTRODUÇÃO

O concreto é um material formado por cimento, agregados e água, sendo que em algumas vezes pode também ser composto por um outro elemento que são os aditivos, logo o defeito de um desses elementos possa influir, desfavoravelmente, sobre as características mais importantes do concreto: resistência mecânica, estabilidade e durabilidade.

As resistências mecânicas, a estabilidade e a durabilidade estão diretamente ligadas com a homogeneidade e a compactação e, estas duas características dependem da qualidade da dosagem do concreto e da adequada tecnologia empregada em sua fabricação e manejo (CÁNOVAS, 1988).

Dentre as manifestações patológicas em estruturas, a que merece destaque nesse estudo, são aquelas que afetam os pilares de uma determinada edificação. Os pilares estão predominantemente submetidos a esforços de compressão, sendo que a resistência à compressão simples, denominada  $f_c$ , é a característica mecânica mais importante do concreto.

Os problemas patológicos nos pilares assim como qualquer outro elemento estrutural podem ocorrer durante a execução em uma ou mais etapas da construção, no controle de qualidade das atividades, na escolha errada dos materiais, assim como na má interpretação ou compatibilização de projetos.

Fatores diversos podem afetar a integridade dos pilares, no entanto a descoberta da origem de uma determinada manifestação patológica facilita na escolha do diagnóstico adequado para tal situação.

O concreto na sua composição natural pode apresentar diversas propriedades que podem ser alteradas em virtude do tipo e quantidade dos componentes envolvidos. Para identificar tais propriedades é necessário que seja feito experimentos utilizando métodos e equipamentos específicos para determinada finalidade.

Os ensaios para o concreto no estado endurecido, visam avaliar a integridade e capacidade resistente da estrutura que, dependendo do tipo, podem ou não ser empregados em qualquer idade do elemento a ser ensaiado. São classificados em destrutivos e não destrutivos, onde os ensaios destrutivos causam danos a estrutura sem que venha a causar seu colapso e os ensaios não destrutivos não causam danos às estruturas, assim como também não provocam perda na capacidade de carga.

O objetivo desse trabalho é fazer um estudo dos diversos tipos de ensaio para o concreto endurecido com a finalidade de validar a baixa resistência à compressão,  $f_c$ , em pilares de concreto armado em uma determinada edificação, na cidade de Teresina – PI.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa parte inicial será feita uma validação da baixa resistência à compressão através de outros tipos de ensaios que tenham a mesma finalidade, para que seja confirmada a real necessidade do plano de ação para peças estruturais afetadas.

Para obra de estudo foi adotado pelo projetista um  $f_{ck}$ , resistência a compressão de cálculo, no valor de 30 Mpa, porém, pelo ensaio de compressão de corpos cilíndricos foram constatados valores inferiores ao de projeto, Tabela 1.

Na Tabela 1 abaixo é mostrado o número do lote de moldagem dos corpos de prova com seus respectivos valores da resistência à compressão. Para os pilares em estudo, P8 e P26, Figura 1, foram moldados e ensaiados corpos de provas correspondente ao lote 68, como está destacado em vermelho na figura abaixo.

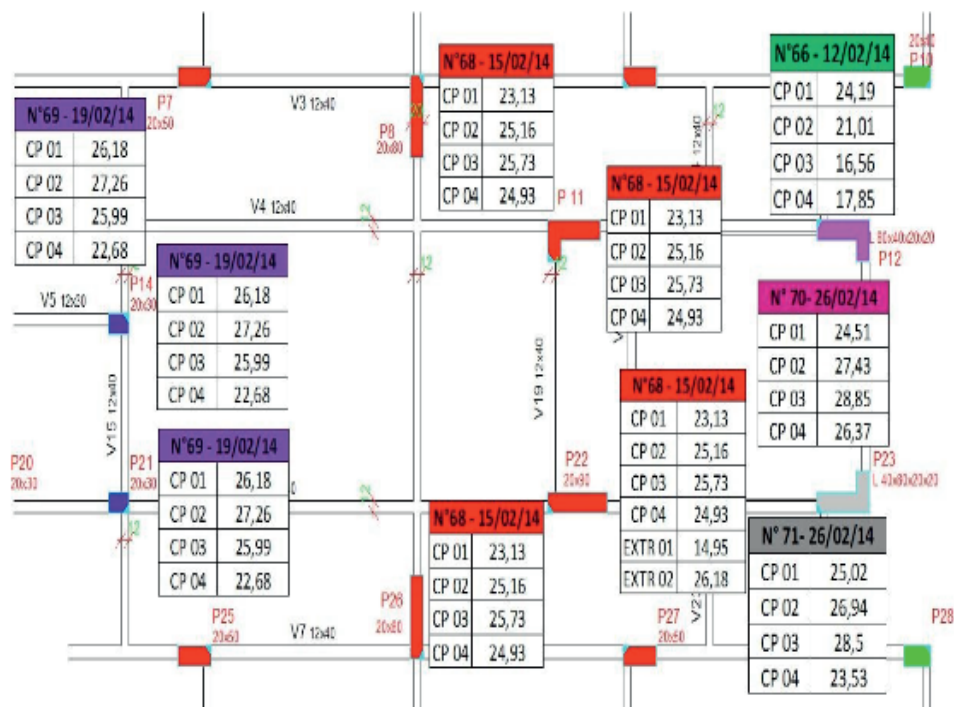


Figura 1 – Mapeamento de pilares afetados

Nº de corpo de prova	Resistência à compressão com 28 dias (Mpa)
CP 1	23,13
CP 2	25,16
CP 3	25,73
CP 4	24,93

**Quadro 1** – Resultado do ensaio à compressão

Como é possível observar, a maioria dos pilares apresentaram valores de fck inferior ao valor adotado pelo projetista estrutural que seria de 30 MPA, baseado nesse mapeamento com numeração de lotes e datas de moldagem o próximo passo foi de reafirmar os resultados dos ensaios à compressão apresentando outros tipos de ensaios que tenha a mesma finalidade

## 2.1 Ensaios de validação da baixa resistência à compressão

### 2.2 Esclerometria

O início dos ensaios de validação se deu com o método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, ensaio esse denominado de esclerometria.

O aparelho para execução do experimento é da empresa Soiltest, modelo CT-320AM, Figura 2. Foi adotado pela empresa responsável pelo ensaio o valor de K, fator de correção da aferição do aparelho, de 0,97. Os pilares escolhidos para ensaio foram os pilares centrais e simétricos P8 e P26, apresentando a mesma dimensão transversal de 20 cm de largura e 40 cm de comprimento.

Como nossa peça estrutural em estudo trata-se de um pilar, a posição do aparelho para execução do ensaio é de 0°, zero grau. A posição do aparelho será útil para escolha da curva no gráfico que determina a resistência pelo índice esclerométrico efetivo (IEef).

Foi efetuado 9 (nove) leituras para cada pilar de estudo, sendo que cada leitura corresponde a um único impacto, obedecendo a distância mínima de 3 (três) centímetros para cada impacto.



**Figura 2** – Esclerômetro

### *2.2.1 Pacometria*

A pacometria vem com a finalidade de auxiliar na execução do ensaio de extração de corpos cilíndricos, na função de detectar ferros transversais e longitudinais do pilar, evitando assim corte de armadura. Usado para verificar a conformidade do executado com o projeto para que não comprometa os corpos de provas extraídos.

O pacômetro ou scanner de parede, utilizado para investigação de armaduras, é da empresa BOSCH D-TECT 150 com profundidade de detecção para ferros de armadura de 150 mm, Figura 3.



**Figura 3** – Pacômetro

### *2.2.2 Extração de corpos de provas cilíndricos*

Após a pacometria, estabelecido o local onde será feito a retirada dos corpos de provas, inicia-se a execução do ensaio de extração de corpos cilíndricos.

A sonda para extração é da marca MERAX com coroa e cálice de 6', podendo chegar a perfurar diâmetro máximo de 205 mm, dependendo da broca, coroa e cálice a serem utilizados, Figura 4.



**Figura 4** – Sonda para extração de corpos testemunhos de concreto

Os pilares escolhidos para confirmação da baixa resistência à compressão são os mesmo que foram executados os ensaios de esclerometria, os pilares P8 e P26.



**Figura 5** – Início da extração dos testemunhos cilíndricos

#### *2.2.2.1 Determinação da resistência à compressão dos testemunhos cilíndricos*

Os testemunhos cilíndricos retirados dos pilares para ensaio devem estar íntegros não apresentando falhas de concretagem, fissuras, segregações e isentos à presença de materiais estranhos, Figura 6.





**Figura 6** – Testemunho cilíndrico impróprio para ensaio

Antes de caracterizar os corpos de prova, estes são cortados, utilizando retífica da empresa Belton Pneumáticos com serra diamantada dotada de refrigeração à água, regularizando os topos para que seja feita a correção da relação altura/diâmetro, retirada de materiais estranhos e obtenção de paralelismo entre os topos e sua ortogonalidade com as geratrizes, conforme Figura 7.



**Figura 7** – Retífica de testemunhos cilíndricos

Os corpos cilíndricos foram rompidos conforme o estabelecido na ABNT NBR 5739, Figura 8, pela prensa servo-hidráulica e microprocessada da EMIC, para ensaio de concreto modelo PC200CS, capacidade máxima 200 ton, sendo determinada sua resistência de ruptura à compressão axial. Os resultados dos ensaios obtidos, identificados como  $f_{ci,ext,inicial}$ , são descritos na Tabela 2.

Nº do corpo de prova	$f_{ci,ext,inicial}$ (Mpa)
P8 X	19,28

P8 Y	18,19
P26 X	17,78
P26 Y	21,31

**Quadro 2** – Resistência inicial à compressão dos testemunhos extraídos



**Figura 8** – Preparação do ensaio à compressão dos testemunhos cilíndricos

Esses resultados foram corrigidos pelos coeficientes  $k_1$  a  $k_4$  e logo após a correção foi descoberto o  $f_{ci,ext}$ , ABNT NBR 7680.

O coeficiente  $k_1$  está ligado à relação altura/diâmetro, quando  $h/d = 2$  não se aplica, o resultado deve ser corrigido, sendo usado o coeficiente na Tabela 3.

Como houve a correção das dimensões dos corpos de prova, através da retifica, Figura 7, para os quatro testemunhos cilíndricos a relação altura/diâmetro foi igual a 2 (dois), não foi necessário a correção quanto o coeficiente  $K_1$ .

Para o coeficiente  $K_2$ , deve ser considerado o efeito do broqueamento, que é em função do diâmetro do testemunho, quanto menor for o diâmetro o efeito é considerado maior. O efeito deve ser corrigido conforme Tabela 4.

Diâmetro do testemunho (dt) mm	$\leq 25$	50	75	100	$\geq 150$
<b>K2</b>	NÃO PERMITIDO	0,12	0,09	0,06	0,04

**Quadro 3** – Valores de  $K_2$  em função do efeito de broqueamento

Como o diâmetro dos corpos cilíndricos é próximo de 100 milímetros, será adotado o coeficiente  $K_2$  igual a 0,06.

O responsável pela extração deve informar ao laboratório de ensaio sobre a direção de extração com relação ao lançamento do concreto. Os corpos de provas

devem ser ensaiados no sentido do lançamento do concreto. No caso dos pilares, que é nossa peça estrutural de estudo, a extração é no sentido perpendicular ao lançamento, logo deve-se adotar  $k_3 = 0,05$ .

O coeficiente  $k_4$  está diretamente ligado ao efeito da umidade. Como os testemunhos foram rompidos saturados, mantido numa câmara úmida, foi adotado  $k_4=0$ .

Todos os coeficientes de correção são descritos na, Tabela 5.

Coeficiente	Valor de correção
K1	0
K2	0,06
K3	0,05
K4	0

**Quadro 4** – Valores dos coeficientes de correção

O resultado individual para cada testemunho, corrigido pelos coeficientes, são encontrados pela equação:

$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext, inicial} \quad (1)$$

### 2.2.3 Ultrassonografia

O ensaio de ultrasson é um ensaio não destrutivo para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultra-sônicos, através de um componente de concreto, e tem como principais aplicações: verificação da homogeneidade do concreto, detecção de eventuais falhas internas de concretagem.

A aparelhagem necessária para ensaio é de um circuito gerador-receptor, que é um aparelho de pulso elétrico de baixa frequência ultrassônica, com alta estabilidade e precisão de leitura de pelo menos  $0,1 \mu s$  e um transdutor-emissor, aparelho que possibilita a transformação do pulso elétrico em onda de choque numa faixa de 24 kHz a

500 kHz e um transdutor-receptor, Figura 9, que é um aparelho que possibilita a transformação da onda de choque em pulso elétrico, com amplificação adequada ao circuito gerador-receptor, assim como relata a NBR 8802.



**Figura 9** – Ultrassonografia de corpos de provas e concreto

#### *2.2.4 – Ensaio de módulo de elasticidade*

O conhecimento do módulo de elasticidade do concreto, onde o valor numérico está relacionado ao módulo de deformação tangencial inicial ( $E_{ci}$ ), possibilita o atendimento às exigências do projeto estrutural, com intuito de inferir o módulo de deformação em tensões usuais de projeto através de aproximações previstas nas normas técnicas.

O equipamento utilizado para ensaio foi a prensa servo-hidráulica e microprocessada da EMIC, para ensaio de concreto modelo PC200CS, capacidade máxima 200 ton e extensômetro mecânico EMIC.

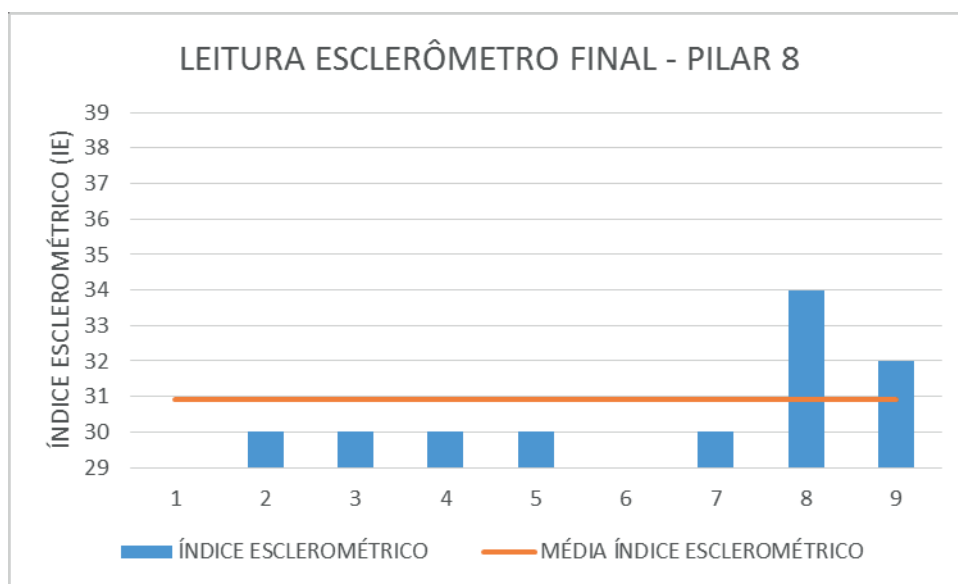


**Figura 10** – Extensômetro elétrico

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

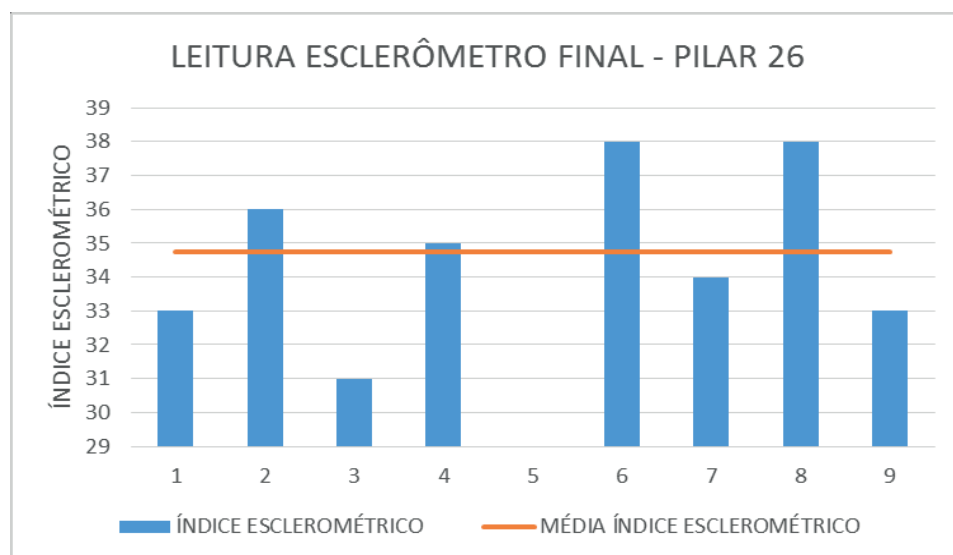
#### 3.1 Esclerometria

A Figura 11, mostram os resultados das respectivas leituras dos índices esclerométricos do pilar 8 para quantidade de 9 (nove) impactos.



**Figura 11** – Leitura dos índices esclerométricos remanescentes do pilar 8

No pilar 26, para a média aritmética, com os impactos remanescentes, tem-se o seguinte resultado, Figura 12 e Tabela 6.



**Figura 12** – Leitura dos índices esclerométricos remanescentes do pilar 26

Como a média final, para os dois pilares, não diferiu em 10% da média inicial, esse ensaio é válido para que se possa encontrar o índice esclerométrico médio.

Logo após encontrar o índice esclerométrico médio dos pilares, o próximo passo é encontrar o índice esclerométrico efetivo adotando o K, fator de correção da aferição

do equipamento, de 0,97.

Índice esclerométrico efetivo para o pilar 8:

$$IE_{ef} = 0,97.30,9$$
$$IE_{ef} = 29,97$$

(2)

Índice esclerométrico efetivo para o pilar 26:

$$IE_{ef} = 0,97.34,75$$
$$IE_{ef} = 33,7$$

(3)

Com o resultado do  $IE_{ef}$ , índice esclerométrico efetivo, utilizar a curva, adotando a posição do aparelho a  $0^\circ$ , e enfim encontrar a resistência à compressão dos pilares ensaiados, Tabela 6.

Pilar	$IE_{ef}$	Resistência à compressão (Mpa)
P8	29,97	23,46
P26	33,70	28,87

Quadro 5 – Resistência à compressão

Como é possível observar, de acordo com a Tabela 6, os valores resultaram baixa resistência à compressão para as peças estruturais em função da dureza ao choque para ensaios com uso do esclerômetro.

### 3.3 Extração de corpos testemunhos

Para os corpos testemunhos extraídos, tem-se os resultados da resistência à compressão inicial ( $f_{ci,ext,inicial}$ ) e da resistência à compressão corrigida ( $f_{ci,ext}$ ), modificada pelos coeficientes, com intuito de corrigir as interferências nos resultados obtidos dos ensaios de resistência de testemunhos extraídos.

O valor da resistência à compressão corrigida ( $f_{ci,ext}$ ), é obtida pela expressão:

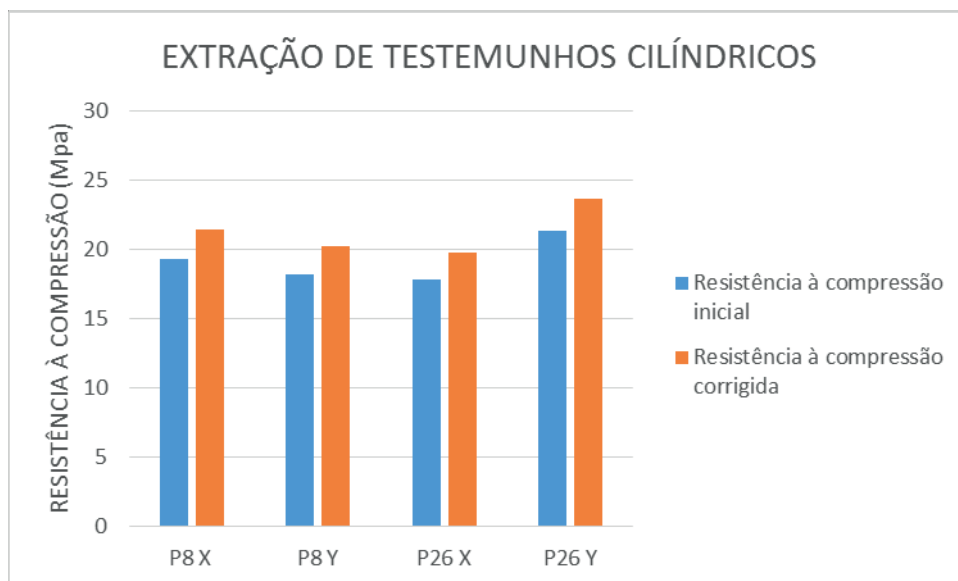
$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext,inicial}$$

(4)

Tendo o valor dos coeficientes de correção e da resistência à compressão inicial ( $f_{ci,ext,inicial}$ ) o próximo passo é encontrar o valor de ( $f_{ci,ext}$ ) para cada

corpo de prova.

Na Figura 13 é detalhada os valores das resistências iniciais e corrigidas.



**Figura 13** – Resistência à compressão de testemunhos cilíndricos

De acordo com os resultados da resistência à compressão dos corpos testemunhos extraídos, foram constatados valores inferiores à  $f_{ck}$  de 30 Mpa.

### 3.4 Ultrassonografia

Com intuito de verificar a integridade e homogeneidade dos corpos testemunhos extraídos, o ensaio não destrutivo de ultrassonografia forneceu dados conforme Tabela 7.

Nº do CP	Velocidade (m/s)	$f_{ci,ext,inicial}$ (Mpa)
P8 X	3946	19,28
P26 X	4072	17,78

**Quadro 6** – Velocidade do pulso magnético para os testemunhos em estudo

Segundo Popovics (2008), a velocidade de pulso para um concreto comum está entre 3.700 m/s a 4.200 m/s, parâmetro de velocidade que garante a integridade e homogeneidade do testemunho cilíndrico de concreto. Para os testemunhos em estudo, Tabela 7, as velocidades do pulso alcançadas, os comprovam aptos para os ensaios quanto ao módulo de elasticidade e resistência à compressão.

### 3.5 Módulo de elasticidade

A Figura 14 mostra os resultados do módulo de elasticidade e de resistência à compressão para cada corpo de prova. As denominações para esta mesma

figura de CP1, CP2, CP3 e CP4 correspondem respectivamente aos corpos de provas extraídos: P8X, P8Y, P26X e P26Y. Ao elevar a carga até a ruptura obtém a resistência efetiva ( $f_{c,ef}$ ). O primeiro corpo de prova ensaiado quanto a resistência à compressão ( $f_c$ ), CP1, é o parâmetro para os demais.

Corpo de Prova	Resistência Efetiva (MPa)	Modulo de Elasticidade (GPa)
CP 1	<b>19.28</b>	*
CP 2	<b>18.19</b>	<b>18.5</b>
CP 3	<b>17.78</b>	<b>18.8</b>
CP 4	<b>21.31</b>	<b>19.5</b>
Número CPs	<b>4</b>	<b>3</b>
Média	<b>19.14</b>	<b>18.91</b>
Mediana	<b>18.73</b>	<b>18.77</b>
Desv.Padrão	<b>1.580</b>	<b>0.5025</b>
Coef.Var.(%)	<b>8.258</b>	<b>2.657</b>
Mínimo	<b>17.78</b>	<b>18.50</b>
Máximo	<b>21.31</b>	<b>19.47</b>

**Figura 14** – Resultado do ensaio de módulo de elasticidade

Como é possível perceber, nenhuma das resistências efetivas ( $f_{c,ef}$ ) difere em mais de 20% da tensão de ruptura de referência ( $f_c$ ), comprovando assim, segundo a ABNT NBR 8522, a validade do ensaio, Figura 14.

O módulo de elasticidade médio, demonstrado pela Figura 14, foi de 18,91 Gpa e que segundo NBR 6118, para um concreto com idade igual ou superior a 28 dias e  $f_{ck}$  de 30 Mpa, o valor do módulo de elasticidade estimado em função do  $f_{ck}$  do concreto seria de 27 Gpa.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados dos ensaios de validação mostrado neste trabalho, foi possível confirmar a baixa resistência à compressão do concreto para os pilares da obra em estudo. Para todos os ensaios foram constatados a resistência à compressão do concreto inferior ao proposto pelo projeto estrutural. O módulo de elasticidade, sendo em função do  $f_{ck}$ , conseqüentemente apresentou valor abaixo do ideal, confirmando mais uma vez a necessidade de um plano de ação voltado à reabilitação estrutural dos pilares analisados neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

Almeida, I.M.F. (2008) *Caracterização de Patologias*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118. *Projeto de estruturas de concreto*. Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.



Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 7680. *Concreto – extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto*. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8522. *Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão*. Rio de Janeiro, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8802. *Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*. Rio de Janeiro, 2013.

Cánovas, M. F. *Patologia e Terapia do Concreto Armado*. 1 ed. Tradução de M. C. Marcondes, C. W. F. Dos Santos, b. Cannabrava. São Paulo: ed. Pini, 1988. 522p.

Popovics, J. S. A study of static and dynamic modulus of elasticity of concrete. University of Illinois, urbana, il. Aci-crc final report. 2008.

Souza, V. C., Ripper, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. 1 ed. São Paulo: ed. Pini, 1998. 255 p.

## 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