XVII Congresso Internacional sobre Patologia e
Reabilitação das Construções

XVII Congreso Internacional sobre Patología y
Rehabilitación de las Construcciones

XVII International Conference on Pathology and
Constructions Rehabilitation

FORTALEZA (Brasil), 3 a 5 de junho de 2021

<https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.027>

Análise do Ataque Químico do CO₂ em Marquises de Concreto Armado em Trecho da Rua São Pedro no Centro da Cidade de Juazeiro do Norte - CE - Brasil

Analysis of the chemical attack of CO₂ in reinforced concrete marquees in a stretch of São Pedro Street in Downtown of Juazeiro do Norte - CE - Brazil

Vanderlúcia Hellen Alves NOBRE¹, Dirceu Tavares FIGUEIREDO²

¹ Centro Universitário Paraíso, Juazeiro do Norte-CE, Brasil, vanderlucia.nobre@aluno.fapce.edu.br

² Centro Universitário Paraíso, Juazeiro do Norte-CE, Brasil, dirceu.figueiredo@fapce.edu.br

Resumo: As marquises são essencialmente estruturas de concreto armado com o propósito de proteger das intempéries quem está na calçada e foi moda arquitetônica no Brasil em meados do século XX. Essas são estruturas em que os avisos prévios antes do colapso acontecem na parte superior da estrutura próximo ao engaste, dificultando a visualização, tornando-as estruturas com quedas bruscas caso não sejam inspecionadas e mantidas periodicamente. Cidades desenvolvidas tendem a ter um teor de Dióxido de Carbono (CO₂) mais elevado na atmosfera e esse composto é o principal agente para que ocorra a carbonatação do concreto, podendo prejudicar o aço destas estruturas. Esse estudo consistiu na verificação da profundidade de carbonatação em marquises de um trecho específico da Rua São Pedro no bairro Centro da cidade de Juazeiro do Norte por meio do ensaio com solução de fenolftaleína a 1%, este é um indicador de potencial hidrogeniônico (pH) que aponta se o concreto está carbonatado ou não. O objetivo é destacar a importância das inspeções e manutenções nas marquises, tendo em vista que são estruturas que apresentam recorrência de colapsos todos os anos. Por meio desse estudo foi possível constatar que 93,33% das estruturas analisadas apresentava uma frente da carbonatação preocupante, algumas já haviam chegado à armadura. É necessário que haja uma maior disseminação de conhecimento para a população, seja por meio de propagandas ou leis orgânicas, para que sejam tomadas medidas preventivas quanto a evitar acidentes e desabamentos.

Palavras-chave: Carbonatação. Concreto Armado. Marquises. Manutenção Periódica. Inspeção Periódica.

Abstract: The marquees are essentially reinforced concrete structures with the purpose of protecting those on the sidewalk from the weather and they also were a great architectural fashion in Brazil in the middle of the 20th century. These are structures that prior warnings before the collapse occur in the upper part of the structure close to the bezel, making it difficult to visualize, making them structures with sudden falls if they are not periodically inspected and maintained. Developed cities tend to have a higher Carbon Dioxide (CO₂) content in the atmosphere and this compound is the main agent for the concrete carbonation to occur, which can harm the steel of these structures. This study consisted of verifying the carbonation depth in marquees of a specific stretch of São Pedro Street in the downtown of Juazeiro do Norte through the experiment with 1% phenolphthalein solution, this is an indicator of hydrogen potential (pH) which pointed out whether the concrete was carbonated or not. The objective is to highlight the importance of inspections and maintenance in the marquees, considering that they are structures that present recurrence of collapses every year. Through this study it was possible to verify that 93.33% of the analyzed structures presented a front of worrying carbonation, some had already arrived in the armor. It is necessary that there is a greater

dissemination of knowledge to the population, either through advertisements or organic laws, so that preventive measures are taken to prevent accidents and landslides.

Key-words: Carbonation. Reinforced Concrete. Marquees. Periodic Maintenance. Periodic Inspection.

1. Introdução

A cidade de Juazeiro do Norte, localizada no sul do estado do Ceará, é marcada pelo turismo religioso e chega a receber cerca de 500 mil pessoas em apenas uma de suas romarias anuais (RODRIGUES, 2019). O município vem se desenvolvendo significativamente, sua população cresceu mais de 37% nas últimas três décadas (IBGE, 1991; IBGE, 2020) e seu centro comercial é um ponto de grande movimentação em razão dos seus polos geradores de tráfego.

A marquise de concreto armado é, por definição, um elemento construtivo em balanço que tem a função de proteger contra intempéries, incidência solar e de possíveis objetos que possam cair do pavimento superior (MEDEIROS; GROCHOSK, 2007), podendo possuir também função arquitetônica. Segundo Jordy e Mendes (2006, p. 2), “o esquema estrutural das marquises pode ser dividido em longitudinal, com lajes vinculadas a vigas contínuas de bordo e de torção e em transversal, com lajes e vigas vinculadas a vigas em balanços [...]”. O fato de ser construída em concreto armado, que se trata da junção de dois materiais (concreto e aço), traz consigo também os problemas e manifestações patológicas intrínsecas a esses materiais, um exemplo disso é a carbonatação.

De acordo com Sena *et al.* (2020, p. 90), “a carbonatação do concreto é o resultado da ação em que o dióxido de carbono (CO_2), presente na atmosfera, reage com o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ presente no cimento hidratado, formando após algumas outras reações o carbonato de cálcio (CaCO_3)”. A consequência dessa série de reações é a diminuição do potencial hidrogeniônico (pH) do concreto, é a basicidade natural do concreto que confere a proteção da camada passivadora do aço, evitando que este comece o processo de oxidação e posterior corrosão.

Sendo as marquises, objeto de estudo desse trabalho, feitas em concreto armado, é necessário se destacar que, por conta de sua concepção estrutural, o eventual colapso dessa estrutura é de forma brusca (MEDEIROS; GROCHOSK, 2007), na qual os “avisos” prévios de que a estrutura está com problemas geralmente ocorrem na parte superior próximo ao engaste, dificultando a visualização pelo usuário, ou seja, possui uma característica que, no mínimo, requer mais atenção para evitar erros no cálculo estrutural e erros na execução, afim de prevenir a ocorrência de futuras manifestações patológicas e principalmente prezar pelas inspeções periódicas.

O local de análise das marquises foi no bairro Centro da cidade de Juazeiro do Norte, mais especificamente na Rua São Pedro no trecho entre a Rua do Seminário e a Rua Santa Luzia, abrangendo algumas áreas de alto fluxo de carros e pedestres em decorrência do acesso à polos gerados de tráfego como o Mercado Central, bancos, escolas e igrejas. Ou seja, um local que em caso de colapso de alguma marquise pode causar graves acidentes, perda de bens ou mesmo morte de algum transeunte. A Rua São Pedro apresenta em sua totalidade uma extensão de 2,7km e o trecho de análise é de 0,55km, o equivalente a 20,37% da rua em questão.

Para este trabalho foram realizadas pesquisa experimental de campo e bibliográfica, com o auxílio de livros, artigos, dissertações, documentos oficiais, normas e sites. Em campo houve o levantamento das manifestações patológicas que podiam ser constatadas de forma visual com o auxílio de um *check-list* adaptado de Gomes *et al.* (2003), bem como também realizou-se o ensaio de verificação da profundidade de carbonatação do concreto, que consiste em um teste parcialmente destrutivo e qualitativo com o uso do indicador de pH fenolftaleína em solução de 1%, para verificar até qual profundidade ocorreu a ação do CO_2 no concreto, e constatar se a armadura estava em risco.

O foco deste trabalho foi um estudo mais aprofundado no que diz respeito aos efeitos da carbonatação do concreto nas marquises estudadas, fazendo uma comparação entre o ensaio realizado *in loco* com o possível

prognóstico das estruturas analisadas, a fim de expor a necessidade de manutenções preventivas e periódicas das marquises do Centro da cidade de Juazeiro do Norte-CE.

2. Referencial Teórico

2.1 Carbonatação do Concreto

A carbonatação do concreto é um fenômeno químico que ocorre no concreto quando o CO_2 (dióxido de carbono) presente na atmosfera, e com o auxílio da umidade, penetra na peça de concreto por meio dos poros presentes nesta. O CO_2 reage com o Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio) presente no cimento hidratado, após algumas outras reações o produto será o CaCO_3 (carbonato de cálcio) (SOUZA; RIPPER, 1998), este fato pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Carbonatação do Concreto
Fonte: adaptado de VISALAKSHI, BHALLA

O concreto que naturalmente é um material alcalino, ou seja, com um pH (potencial hidrogeniônico) entre 12,5 e 13,5 (MEHTA; MONTEIRO, 2008), após o processo da carbonatação vai tornando-se mais neutro com um $\text{pH} \leq 9$ (SENA *et al.*, 2020). Isto traz sérias consequências para a peça estrutural em concreto armado pois o aço corre o risco de perder sua camada passivadora. É importante destacar que quanto maior a concentração de CO_2 do local, mais agressiva será a ação da carbonatação.

Nos casos em que a frente de carbonatação atinge toda a profundidade do cobrimento e despassa a armadura, esta perde sua camada protetora e inicia-se ali o processo de oxidação do ferro presente na liga de aço (SENA *et al.*, 2020). Como consequência a curto e médio prazo haverá a corrosão da armadura, gerando a ferrugem que fará com que haja a fissuração do concreto predominantemente no sentido longitudinal e posteriormente o deslocamento deste mesmo concreto.

A diminuição do pH pode vir também como consequência da lixiviação do concreto, uma fonte constante de água dissolve e carrega os componentes hidratados do cimento, entre eles o Ca(OH)_2 que é o responsável por conferir a característica alcalina do concreto, fazendo com que este fique suscetível à despassivação da camada protetora do aço.

Uma das maneiras de avaliar a frente de carbonatação é com o uso de solução a 1% de fenolftaleína, um indicador de pH com preparação simples facilmente encontrado no mercado químico. Borrifando-se a solução na estrutura que se quer avaliar é possível identificar as partes não carbonatadas pela coloração roxa ou rosa que indica a característica básica do material, nos lugares incolores significa que aquelas partes já foram atingidas pela carbonatação, em outras palavras, com pH abaixo do aceitável.

2.2 Manutenções e Inspeções Periódicas em Marquises

É necessário que as marquises sejam inspecionadas e que se faça manutenções quando constatados problemas ou manifestações patológicas. Nos termos da NBR 16747 (ABNT, 2020), “inspeção predial é um

processo que visa auxiliar na gestão da edificação e, quando realizada com periodicidade regular, contribui com a mitigação de riscos técnicos e econômicos associados à perda do desempenho.”, em outras palavras, com a prática desse processo é possível prever e prevenir acidentes.

A manutenção tem por objetivo manter e preservar as características originais da edificação e prevenir a perda de desempenho em consequência da degradação dos sistemas, elementos e componentes da construção (ABNT, 2012). A própria ABNT NBR 5674 (2012, p. 6) fala que existe uma cultura da não valorização da manutenção das edificações no Brasil, no entanto, também menciona que isso vem mudando aos poucos.

No ano de 2003, durante o XII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (COBREAP), que ocorreu em Belo Horizonte - MG, Gomes *et al.* (2003) apresentaram uma proposta de norma para inspeções de marquises, o objetivo dos autores era criar uma metodologia padronizada de inspeção com *check-lists* e tabelas focando especificamente nestes elementos estruturais tão preocupantes que são as marquises de concreto armado, no entanto ainda hoje não se tem esse tipo de norma em tal grau de especificidade.

Souza e Ripper (1998, p. 27) afirmam que limpeza e manutenção periódica nos sistemas de impermeabilização de marquises podem evitar problemas patológicos sérios e inclusive a ruína da estrutura. A identificação das manifestações patológicas e necessidade de manutenção vem por meio da inspeção, dessa forma os proprietários de edificações que possuem marquises devem zelar pela prática desses dois princípios seguindo suas respectivas normas.

3. Estudo de Caso

O estudo foi realizado na rua São Pedro, na cidade de Juazeiro do Norte-CE. A referida rua tem uma extensão total de 2,7 km e o trecho de análise é de 0,55km, o equivalente a 20,37% da rua em questão.

Foi realizada a contagem do número de marquises no trecho entre a Rua do Seminário e a Rua Santa Luzia; pode-se verificar a imagem de satélite do trecho na Figura 2. De um total de 145 marquises, apenas 53 não estavam revestidas por forros de PVC (Policloreto de Vinila, do inglês Polyvinyl Chloride) ou ACM (Alumínio Composto, do inglês Aluminium Composite Material).

Solicitou-se a autorização dos proprietários e/ou locatários para a realização do ensaio, dos 53 estabelecimentos passíveis de análise, apenas 15 assinaram um termo para permissão, ou seja, um percentual de 28,30% das marquises que eram aptas para realização da verificação da carbonatação. O ensaio foi realizado na data 07/11/2020 (sábado). Das 15 marquises analisadas, 14 eram lajes engastadas e 1 era laje sobre vigas.

Figura 2 – Trecho de análise na Rua São Pedro em Juazeiro do Norte (CE)

Fonte: adaptado de GOOGLE MAPS (2020)

Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-7.2066588,-39.3179543,516a,35y,270h/data=!3m1!1e3>

Acesso em: 11 nov. 2020

4. Metodologia

Os equipamentos utilizados para realização dessa pesquisa foram talhadeira, ponteiro, marreta de 5 kg, borrifador de plástico, solução de fenolftaleína a 1%, régua plástica, tarjetas identificadoras em papel, trena laser, escadas, gesso, cola de isopor e prancheta.

Para a execução do ensaio foi necessária a ajuda de um servente para fazer o furo na parte de baixo da marquise; com a talhadeira foi removido o reboco e em seguida com o ponteiro e marreta foi feito o furo até que atingisse a profundidade de cobrimento mínimo dado pela ABNT NB-1 de 1960 que é de 1,5cm para lajes ao ar livre (1960, p. 19-20), o uso dessa norma antiga é para levar em consideração que a única edificação no trecho que se tem conhecimento da idade teve sua construção na década de 1960. Enquanto o servente fazia o furo, a pesquisadora verificava a altura da marquise com a trena laser e preenchiam o *check-list*. Em seguida um dos pesquisadores subia em outra escada para colar a tarjeta identificadora do ensaio (Figura 3). Na sequência borrifava-se a solução de fenolftaleína a 1% (Figura 4) e aguardava alguns segundos para que ela reagisse, então era colocada a régua de plástico dentro do furo para verificar a profundidade da carbonatação (Figura 5).

Figura 3 – Tarjeta de Identificação ao lado do furo
Fonte: autores

Figura 4 – Borrifando-se solução de fenolftaleína a 1%
Fonte: autores

Figura 5 – Verificando a profundidade da carbonatação
Fonte: autores

4. Resultados e Análise

Abaixo segue o Quadro 1 com o resumo do ensaio de profundidade de carbonatação realizado nas marquises contendo: identificação da marquise, identificação do testemunho colocado na tarjeta, tipologia da laje, pé direito da marquise e a profundidade de carbonatação.

Apesar da frente de carbonatação estar com apenas 5mm de profundidade na marquise J, esta apresentou outras manifestações patológicas preocupantes como: fissuras transversais na laje, infiltrações, bolor e fungos.

Quadro 1 – Resumo dos resultados do ensaio de profundidade de carbonatação

Marquise	Testemunho	Tipologia	Pé-direito (m)	Profundidade de carbonatação (mm)
A	1	Laje sobre vigas	3,29	17
B	2	Laje engastada	3,26	30
C	3	Laje engastada	3,38	40
D	4	Laje engastada	3,08	35
E	5	Laje engastada	3,08	40
F	6	Laje engastada	3,33	20
G	7	Laje engastada	3,20	17
H	8	Laje engastada	3,40	15

I	9	Laje engastada	3,21	20
J	10	Laje engastada	3,21	5
K	11	Laje engastada	3,26	20
L	12	Laje engastada	3,20	20
M	13	Laje engastada	3,12	25
N	14	Laje engastada	3,26	15
O	15	Laje engastada	4,22	25

Foram encontradas diversas anomalias nas marquises estudadas como mostrado no Quadro 2, dentre as mais recorrentes estão as armaduras expostas e/ou sombreadas, deslocamento do concreto e do revestimento, fissuras no sentido transversal da laje, infiltrações, bolor e fungos, pinturas defeituosas e a carbonatação.

Com base nas repetições das manifestações patológicas citadas no parágrafo anterior é possível afirmar que a periodicidade de manutenções indicadas pela NBR 5674 (ABNT, 2012) para a estrutura da marquise, sistema de impermeabilização e pintura não estão sendo atendidas.

A ABNT NBR 5674 (2012) faz as recomendações de periodicidade das inspeções e manutenções de cada sistema. As lajes devem passar por inspeções e manutenções preventivas a cada ano, fazendo a verificação da integridade do sistema estrutural; no caso dos sistemas impermeabilização a periodicidade deve ser anual também, verificando a integridade e reconstruindo a proteção mecânica e refazendo a impermeabilização em áreas de infiltração; caso haja um sistema de calhas este deve ser inspecionado a cada mês para verificação do estado de limpeza; as pinturas devem ser verificadas a cada ano e o reparo deve ser feito onde necessário.

Todos os procedimentos de inspeção devem ser realizados por profissionais devidamente habilitados e registrados em seus respectivos conselhos, no caso das manutenções a mesma norma da ABNT (2012, p. 11-15) indica quem pode realizá-las.

Quadro 2 – Prognóstico em função da profundidade de carbonatação e anomalias

Marquise	Anomalias	Profundidade de carbonatação (mm)	Prognóstico (médio e longo prazo)
A	Furos na laje, fissura de cisalhamento, pintura descascando, carbonatação.	17	Colapso da estrutura
B	Infiltração, bolor/fungos, furos na laje, pintura em péssimo estado, carbonatação.	30	Colapso da estrutura
C	Deslocamento/desprendimento do concreto, descolamento do reboco/revestimento, infiltração, bolor/fungos, furos na laje, pintura descascando, carbonatação.	40	Colapso da estrutura
D	Furos na laje, evidências de reparo na laje, carbonatação.	35	Colapso da estrutura
E	Infiltração, bolor/fungos, eflorescência, furos na laje, fissuras longitudinais junto ao engaste, pintura descascando, carbonatação.	40	Colapso da estrutura
F	Fissuras no sentido transversal da laje, infiltração, bolor/fungos, furos na laje, pintura trincada, carbonatação.	20	Colapso da estrutura
G	Infiltração, bolor/fungo, evidências de reparo na laje, pintura descascando, carbonatação.	17	Colapso da estrutura

H	Armadura exposta, amadura sombreada, Desplacamento/desprendimento do concreto, fissuras no sentido transversal, descolamento do reboco/revestimento, infiltração, bolor/fungos, furos na laje, flecha na direção transversal da laje, pintura trincada, carbonatação.	15	Colapso da estrutura
I	Fissuras no sentido transversal da laje, infiltração, bolor/fungos, eflorescências, furos na laje, pintura em péssimo estado, carbonatação.	20	Colapso da estrutura
J	Armadura sombreada, fissuras no sentido transversal da laje, infiltração, bolor/fungo, furos na laje, pintura descascando, carbonatação.	5	Colapso da estrutura
K	Infiltração, bolor/fungos, furos na laje, carbonatação.	20	Colapso da estrutura
L	Armadura exposta, deslocamento/desprendimento do concreto, fissuras no sentido transversal da laje, descolamento do reboco/revestimento, infiltração, bolor/fungos, furos na laje, pintura em péssimo estado, carbonatação.	20	Colapso da estrutura
M	Furos na laje, carbonatação.	25	Colapso da estrutura
N	Carbonatação	15	Colapso da estrutura
O	Fissuras no sentido transversal da laje, infiltração, bolor/fungos, furos na laje, pintura descascando, carbonatação.	25	Colapso da estrutura

5. Conclusões

Com os resultados foi possível constatar que 93,33% das marquises estudadas estavam com o processo de carbonatação iniciado e avançado, e 6,67% estava com a frente de carbonatação em 5mm do cobrimento, em algumas observou-se que a carbonatação do concreto já havia chegado na camada passivadora do aço e a corrosão estava evoluindo. Foi notada também a constância de algumas outras manifestações patológicas, principalmente as ligadas a condição física da estrutura e umidade.

Como dito anteriormente, com base no estudo detectou-se uma certa negligência por parte dos usuários e donos das edificações no que se refere a manutenção. Muitos levados pelo senso comum de que a inspeção na marquise é desnecessária ou demasiado onerosa, acabam deixando de lado a contratação de engenheiros(as) civis ou arquitetos(as) para verificar o estado da estrutura e pondo em risco vidas e bens. Haja vista essa falta de cuidado, o prognóstico é o colapso das estruturas caso o processo de carbonatação não seja interrompido e as demais manifestações patológicas não sejam tratadas de forma eficaz.

A criação de leis que obriguem proprietários e/ou os locatários das edificações a contratarem serviços de inspeção acompanhadas de um laudo que ateste a condição da estrutura e dos sistemas ligados a marquise seria um grande salto para a prevenção de manifestações patológicas e consequentemente da eventual ruína da estrutura, pois não existem leis a nível estadual e municipal para tal finalidade na cidade de Juazeiro do Norte. Segundo o inciso II do art. 5 da Constituição da República Federativa do Brasil “Ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei” (BRASIL, 1988), portanto é necessário que a norma seja amparada por uma lei para que esta seja exigida.

Cabe também aos profissionais e conselhos de engenharia e arquitetura a difusão do conhecimento para que a população se torne mais consciente dos riscos gerados pela falta de cuidados com a estrutura das marquises e edificações como um todo.

Referências Bibliográficas

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NB-1: Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro, p. 29. 1960.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de Edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, p. 25. 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: Inspeção Predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, p. 14. 2020.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 27 mar. 2021.
- GOMES, A. M. *et al.* Proposta de Norma para inspeção de Marquise. Anais do XII COBREAP - Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte-MG, 2003. Disponível em: <http://www.mrcl.com.br/xiicobreap/pe20.pdf>. Acesso em: 05, set. 2020.
- GOOGLE MAPS. <https://www.google.com.br/maps/@-7.2066588,-39.3179543,516a,35y,270h/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 11, nov. 2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse Preliminar do Censo Demográfico - 1991: Ceará. Rio de Janeiro. 1991. (10º Recenseamento Geral do Brasil, v. 6, p. 41, n. 9). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/CD1991/CD_1991_sinopse_preliminar_CE.pdf. Acesso em: 02, set. 2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Juazeiro do Norte: População. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 02, set. 2020.
- JORDY, J. C.; MENDES, L. C. Análise e Procedimentos Construtivos de estruturas de marquises com proposta de recuperação estrutural. Anais da XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural, Campinas-SP, 2006. Disponível em: http://www.jcbeng.net/phocadownload/jordy_marquises.pdf. Acesso em: 04, set. 2020.
- MEDEIROS, Marcelo H. F. de; GROCHOSK, Maurício. Marquises: por que algumas caem? Concreto e Construções, São Paulo, ano 34, n. 46, p. 95-103, abr. 2007. Trimestral. Disponível em: http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Concreto_46final.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.
- SENA, G. de S. *et al.* Patologia das Construções. Salvador: 2B, 2020.
- SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998.
- VISALAKSHI, Talakokula; BHALLA, Suresh. Carbonation Corrosion Assessment in Reinforcement of Normal and Flyash Concrete Using Piezo Sensors. International Conference on Corrosion. CONCOR, New Delhi, 2013. Paper 13RCC23. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263849531>. Acesso em: 30 mar. 2021.