
ANÁLISE PATOLÓGICA EM ORNATOS DE CONCRETO NA AVENIDA LITORÂNEA EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

PATHOLOGICAL ANALYSIS IN CONCRETE ORNAMENTS ON AVENUE LITORÂNEA IN SÃO LUÍS, MARANHÃO

ANÁLISIS PATOLÓGICO EM ADORNOS DE CONCRETO EN LA AVENIDA LITORÂNEA EN SÃO LUÍS, MARANHÃO

Marcela Andrade de Carvalho¹

Centro Universitário UNDB, São Luís, Maranhão

Claudemir Gomes de Santana²

Centro Universitário UNDB, São Luís, Maranhão

RESUMO

A avenida Governador Edison Lobão, comumente conhecido por avenida Litorânea, em São Luís, Maranhão, apresenta ornatos de concreto armado com diversos problemas relacionados aos processos patológicos por serem regiões costeiras, dessa forma, sendo classificada como área de elevado grau agressividade, isso por receberem constante influência de névoa salina que influenciam no processo de degradação dos materiais metálicos e as estruturas de concreto. O objetivo desse trabalho é identificar os processos patológicos predominantes em ornatos de concreto armado presente na avenida litorânea. Sendo assim, realizado através de análises bibliográficas, levantamento fotográfico e análise química realizado na região de estudo, isso para ser possível efetuar a identificação dos processos patológicos e do mecanismo predominante. Com a investigação realizada nos ornatos de concreto armado e através das análises químicas foi possível identificar que a estrutura sofreu

¹ Graduanda em Engenharia Civil. Centro Universitário UNDB. marcelandrd12@hotmail.com.

² Professor, Orientador, Doutor, Químico. Centro Universitário UNDB. csantana0405@gmail.com.

ataque de íons cloreto e carbonatação que quebrou a camada de proteção acelerando o processo de corrosivo.

Palavras-chave: Corrosão; Carbonatação; Intemperismo; Estrutura; Concreto.

ABSTRACT

The avenue Governador Edison Lobão, generally known as Avenida Litorânea, in São Luís, Maranhão, has reinforced concrete ornaments with a lot of problems related to pathological processes because they are coastal regions, thus being classified as an area of high aggressiveness, because they receive constant influence of salt spray that influence the degradation process of metallic materials and concrete structures. The objective of this work is to identify the predominant pathological processes in reinforced concrete ornaments present in the coastal avenue. Therefore, it was carried out through bibliographic analysis, photographic survey and chemical analysis carried out in the study region, in order to be able to identify the pathological processes and the predominant mechanism. With the investigation carried out in the reinforced concrete ornaments and through the chemical analysis, it was possible to identify that the structure was attacked by chloride ions and carbonation that broke the protective layer, accelerating the corrosive process.

Keywords: Corrosion; Carbonation; Degradation; Structure; Concrete.

RESUMEN

La Avenida Governador Edison Lobão, comúnmente conocida como Avenida Litorânea, en São Luís, Maranhão, presenta odornos de hormigón armado con varios problemas relacionados con procesos patológicos por tratarse de regiones costeras, siendo clasificada como área de alta agresividad, por recibir constantes influencia de la niebla salina que influyen en el proceso de degradación de materiales metálicos y estructuras de hormigón. El objetivo de este trabajo es identificar los procesos patológicos predominantes en los adornos de hormigón armado presentes en la avenida costanera. Por lo tanto, realizado a través del análisis bibliográfico, levantamiento fotográfico y análisis químico realizado en la

región de estudio, se podrá identificar los procesos patológicos y el mecanismo predominante. Con la investigación realizada a los ornamentos de hormigón armado y mediante análisis químicos se logró identificar que la estructura fue atacada por iones de cloruro y carbonatación que rompieron la capa protectora acelerando el proceso corrosivo.

Palabras clave: Corrosión; Carbonatación; Degradación; Estructura; Concreto.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a maioria das construções são formadas por elementos de concreto. Esse material, é formado pela mistura de cimento, a pedra britada, a areia e a água, em alguns casos também podem ser incorporados aditivos e minerais, como forma de alteração as características da mistura e/ou de seu elemento final (pós secagem). Todos esses materiais, são misturados respeitando a proporção determinada por um traço, determinado pelo responsável técnico capacitado. Em consideração a formação do concreto, quando a mistura possui a utilização de armadura metálica, constituída por barras de aço, a estrutura é o que denominamos de concreto armado. As barras de aço, são adicionadas objetivada no melhoramento do desempenho da estrutura, quando aos seus esforços de tração, garantindo a resistência final superior aos esforços sofridos pelas estruturas. Assim, uma das principais patologias existentes nesse tipo de estrutura é a corrosão das armaduras, sendo assim um dos principais fatores que influenciam na redução de sua vida útil (NEVILLE, 1997).

A interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações e desgastes e, como consequência, modificações estruturais que afetam as suas durabilidades e seus desempenhos (UHLIG, 1975 apud SICA, 2006).

De acordo com Mendoza (2000), em regiões litorâneas, o ar proveniente do oceano acaba carregando aerossóis resultantes da evaporação e do transporte mecânico pelos ventos, que possuem, em sua concentração, compostos de sulfato e de cloretos que são agentes degradadores mais comuns e importantes, como vêm sendo estudados por diferentes autores.

Posto em tela tais considerações, esse trabalho objetiva a identificar os processos patológicos, em específico a corrosão, predominantes em ornatos de concreto armado presente na avenida litorânea, na cidade de São Luís, Maranhão. Nesse contexto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: Os processos patológicos sofridos pelos ornatos de concreto na avenida litorânea são intensificados por estarem situados em orla marítima?

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segunda Sena *et al.* (2020), as estruturas constituídas por concreto armado apresentam, durante suas vidas úteis, manifestações indicadoras de que algo não está como deveria. Assim como a sintomatologia – estudo e interpretações de sinais/sintomas que indicam os estados doentes – na construção civil também ocorre tais manifestações, como resultante as patologias.

Para que seja realizada intervenções eficazes em estruturas, como o objetivo de erradicar patologias, é necessário o conhecimento total sobre a origem da mesma. Suas origens, de acordo com Sena *et al.* (2020), podem ser divididas em 4 fases:

- Congênitas: Quando ocorre na fase de projeto, podendo ser erros de compatibilização, indicações de materiais inadequados, erros no dimensionamento;
- Construtivas: Ocorrem na fase de execução da obra, como erros de execução devido à ausência e mão de obra qualificada, falha no controle de execução, irresponsabilidade técnica;
- Adquiridas: Quando se originaliza na fase de uso da construção, devido à ausência de manutenção ou sendo realizada de forma inadequada, utilização errônea da estrutura.
- Acidentais: Originaliza-se devido a ocorrência de fenômenos atípicos, como colisões de veículos ou ações de intempéries.

Durante a concepção do projeto estrutural, é necessário a análise do ambiente em a estrutura será implantada. Pois, em sua fase de dimensionamento, as suas características serão consideradas nos métodos

estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014 (“Projeto de estruturas de concreto — Procedimento”).

2.1 Composição do concreto armado

2.1.1 Aglomerante

Lara (2013) conceitualiza aglomerante como um material de forma de pó, ativo - capaz de desenvolver reações químicas - que ao misturar com a água forma uma pasta - material resultante da mistura de aglomerante e água - capaz de endurecer por meio de ações químicas, aderindo aos materiais pelos quais estão envolvidos, cuja sua resistência aumenta com o tempo. Existem dois tipos de aglomerantes principais na construção civil, sendo: A Cal Hidratada e o Cimento Portland.

O cimento portland é um aglomerante artificial - possui origem através de processos de industrialização - resultante da mistura de clínquer (produto da queima conjunta do calcário e argila) com gipsita (gesso) e adições minerais. Devido ao processo de industrialização, diversos óxidos são envolvidos na mistura trazido por materiais compositores do cimento.

Quadro 1 – Principais Óxidos Componentes da Matéria-Prima do cimento

Fórmula	Composto	Matéria-prima
CaO	Óxido de cálcio	Calcário
SiO ₂	Sílica	Argilas
Al ₂ O ₃	Alumina	
Fe ₂ O ₃	Sesquióxido de ferro	
K ₂ O	Óxido de Potássio	
Na ₂ O	Óxido de sódio	
SO ₃	Sulfato	Gipsita

Fonte: Autor (2022).

Todos esses itens possuem funções importantes no concreto, que permitem que o concreto, em sua fase final, atinja os objetivos esperados.

2.2 Causas de degradação de concreto armado

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, os mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto são lixiviação, expansão por sulfato, reação álcali-agregado. Ao que se refere aos mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura são a despassivação por carbonatação, despassivação por ação de cloretos, ações mecânicas durante o uso da estrutura.

2.1.1 Lixiviação

De acordo com Helene (1997), a lixiviação trata-se do carregamento de sais solúveis pela ação da água, que seus sinais é a presença de manchas esbranquiçadas na superfície (CaCO_3), essa patologia é comumente conhecida como eflorescência. Esse fator aumenta a porosidade interna do concreto, reduz o pH com risco de corrosão. Como forma de prevenção sua ocorrência, é necessário restringir a fissuração, como forma de minimizar a infiltração de água, e proteger a superfície expostas com produtos impermeabilizantes.

2.1.2 Expansão por Sulfatos

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, trata-se o processo expansivo de sulfatos por ações de água ou solos contaminados com sulfatos, dando origem as reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratada. Como medida de prevenção, é necessário o uso de cimentos específicos que seja resistente a ação de sulfatos.

Ainda, segundo Cabral (2014) descreve que o sulfato também pode ser atribuído por agregados contaminados (brita, areia e outros) por gipsita, chuvas ácidas, solos contaminados, águas subterrâneas e efluentes.

2.1.3 Reação Álcali-Agregado

Segundo Nogueira (2010), a reação álcali-agregado é a reação química entre os hidróxidos alcalinos e alguns tipos de minerais presentes nos agregados, que ocorre internamente em uma estrutura de concreto. Sendo assim, a expansão por ações entre os álcalis do concreto e os agregados reativos. Como patologia resultante da reação, na presença de umidade, ocorre a expansão do material, gerando fissuras, descolamento, podendo comprometer as estruturas de concreto.

2.1.3 Despassivação por Carbonatação

Segundo Sena *et al.* (2020) a carbonatação é resultante da ação de dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosférica, reage como o Ca (OH)₂ – hidróxido de cálcio – presente no cimento hidratado, formando após algumas reações do carbonato de cálcio (CaCO₃). Devido as reações supracitadas, há uma redução do pH do concreto para valores inferiores a nove, quebrando a camada alcalina protetora que o concreto exerce sobre as armaduras. Desse modo, dando abertura a iniciação do processo de corrosão da estrutura.

2.1.3 Despassivação por Cloretos

“Consiste na ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro. As medidas preventivas consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto. O cobrimento das armaduras e o controle da fissuração minimizam este efeito, sendo recomendável o uso de um concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto com adição de escória ou material pozzolânico é também recomendável nestes casos”. (ABNT NBR 6118, 2014, pag. 16)

Os íons cloretos podem ser adicionados acidentalmente na preparação de concreto através do uso da água de emassamento contaminada, com a utilização de agregados ricos em cloretos e uso de aceleradores de endurecimento.

As estruturas presentes em ambientes marítimos, industriais ou com respingos de maré; em suma, onde se situados em áreas marítimas, é possível encontrar cloretos que penetram em forma de névoa salina, contato direto com a água e respingos de maré no concreto através de sua porosidade ou incidência de fissuras (Sena *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

O presente objeto de estudo, trata-se de uma pesquisa de natureza básica pelo proposito de gerar novos conhecimentos gerando melhoria nas teorias científicas existentes. A presente pesquisa se refere a um estudo de caso

que se objetiva conhecer e dissertar mais sobre a temática centrada nos objetivos levantados. De acordo com Pereira *et al.* (2018), o estudo de caso é uma descrição e análise, de forma detalhada, de algum caso que apresente certas peculiaridades. Para desenvolvimento dessa pesquisa, foi necessário o levantamento fotográfico das estruturas de estudo, ensaio químico rápido e, a posteriori, levantamento bibliográficos de temáticas que disserta ao tema.

A pesquisa é descritiva, pois busca o aprofundamento sobre a temática do trabalho, tendo como finalidade efetuar as análises patológicas em estruturas da orla marítima, na cidade de São Luís. Por fim, esse possui abordagem qualitativa por ter seus resultados descritivos e possuir o ambiente natural como fonte direta dos dados (TRIVIÑOS, 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inspeção foi realizada “*in loco*” em ornatos de concreto armado presente no calçamento da orla marítima, na avenida Governador Edison Lobão, comumente conhecida por avenida Litorânea, em São Luís, Maranhão.

Figura 1 – Ornatos de Concreto Armado



Fonte: Autor (2022).

Em primeiro plano, essa é uma estrutura decorativa presente na orla marítima, mais específico, no meio-fio da avenida litorânea, sem função estrutural funcional, assim como ela, existem outras de modelos iguais e diferentes, mas todas apresentam grau de degradação semelhante. Em segundo plano, é evidente a degradação na parte indicada da figura.

Com o objetivo de efetuar a investigação da estrutura, foi realizado a utilização o composto químico denominado fenolftaleína 1%, em uma pequena parte da estrutura com armadura exposta, com o objetivo de investigar se a estrutura está carbonatada.

Figura 2 – Estrutura após aplicação de fenolftaleína 1%



Fonte: Autor (2022).

Como resultante da investigação, mesmo após a aplicação da fenolftaleína a estrutura não apresentou alteração em sua cor. Isso indica que a estrutura possui um pH abaixo de 9, logo está carbonatada.

Em outro ponto, agora no calçamento da praia, mais próximo do ar, foi identificado outra estrutura (figura 3), a mesma já apresentou ruptura, encontrando-se no chão no momento da investigação.

Figura 3 – Estrutura colapsada



Fonte: Autor (2022).

Objetivada em verificar se a mesma sofreu a carbonatação, foi aplicado o composto químico de fenolftaleína 1%.

Figura 2 – Estrutura após aplicação de fenolftaleína



Fonte: Autor (2022).

Ao aplicar o composto na área rompida, a estrutura não apresentou alteração em sua cor. Com isso, podemos concluir que a mesma também sofreu o processo de carbonatação.

Com base nas evidências apresentadas, e em consideração ao ambiente que a mesma está exposta. É possível concluir que, a névoa salina, penetrou na estrutura de concreto devido aos seus poros, carbonatando-a. O processo corrosivo na armadura tem início quando a frente de carbonatação consegue penetrar todo o revestimento do concreto atingindo a armadura, à despassivando (SENA *et al.*, 2020).

Quadro 2 – Diagnóstico de manifestação patológica.

SINTOMAS	CAUSAS	ORIGENS	MECANISMOS
Deslocamento do Concreto		Materiais indevidos	
Corrosão de Armaduras	Carbonatação	Exposição em meio agressivo	Reação expansiva do processo de corrosão
Perda de seção das armaduras	Presença de Cloretos	Sem camada protetora (pintura /impermeabilizantes)	
Perda de aderência do concreto			

Fonte: Sena *et al.* (2020), com adaptações.

Por não ser uma estrutura histórica e não possuir valores históricos envolvidos, devido à ausência de indicadores históricos para a mesma, ela pode ser facilmente retirada do local e substituída. Assim, para que tais eventualidades não ocorrerá nesse tipo de estrutura é necessária, a utilização de materiais próprios para esse tipo de estrutura, utilizar materiais não contaminados para a mistura – de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015) o teor de cloretos com relação a massa de cimento deve ser de 0,15% para concreto armado exposto a íons cloreto – uma boa pintura de proteção e de impermeabilização, sendo esse, uma ação bem eficiente para prevenir a entrada de água de chuva e ventos contaminados por salinidade. Antes de pintar para protegê-la, deve-se lixar e limpa-la bem, eliminando toda sujeira e gorduras de sua superfície.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se com os resultados deste estudo, a alta agressividade existente no meio ambiente quanto à nevoa salina. Com o ensaio de fenolftaleína, pois possível investigar as ações patológicas existentes e com base na bibliografia, de casos similares e de processos de degradação de estruturas, alegar as causas e origens. Posto em tela todos esses apontamentos, foi possível concluir que os ornatos de estruturas de concreto sofreram corrosão por ataque de íons cloreto e a carbonatação que acelerou e intensificou o processo. Com isso, para obras situadas em orla marítima é necessário de diretriz construtivas especiais para estabelecer uma boa durabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Procedimento. Rio de Janeiro, 2010.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. **Notas de aula da disciplina Patologia das Edificações**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2014.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: IV Congresso Ibero-Americano de Patologia das Construções e IV Congresso de Controle de Qualidade. **Anais...** Porto Alegre, 1997. v.1, p. 1-30.

LARA, Luiz Alcides Mesquita. **Materiais de construção / Luiz Alcides Mesquita Lara**. – Ouro Preto: IFMG, 2013.

MENDOZA, A. R.; CORVO, F. **Outdoor and indoor atmospheric corrosion of non-ferrous metals**. Corrosion Science, V. 42, p. 1123-1147, 2000.

NOGUEIRA, Kelson. **Reação álcali-agregado: diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008**. 2010, 93 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ª Ed. São Paulo. PINI, 1997. 828 p.

PEREIRA, Adriana Soares [et al.]. **Metodologia de Pesquisa Científica – 1. ed.** – Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018.

SENA, Gildeon Oliveira [et al]. **Patologia das Construções**. Salvador: 2B, 2020. 256p.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo. In: _____. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987. p. 31-79

UHLIG, H. H. **Corrosion y control de corrosion**. Bilbao: Urmo, 1975. p. 393.