

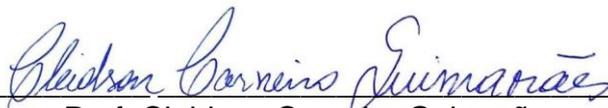
DEILANE CORREIA CALDAS MUNIZ

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO ESTÁDIO MUNICIPAL
CARMELITO BARBOSA ALVES, CRUZ DAS ALMAS-BA**

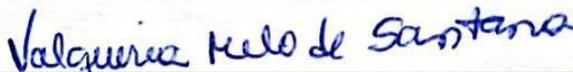
Relatório final, apresentado a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas - BA, 01 de junho de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Cleidson Carneiro Guimarães
CETEC/UFRB



Prof. Valquiria Melo de Santana
MEMBRO EXTERNO



Prof. Luciana Maciel Boeira
CETEC/UFRB

Manifestações Patológicas no Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves, Cruz das Almas-Ba.

MUNIZ, D.C.C.^a; GUIMARÃES, C.C.^b

^{a,*} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, 44.380-000, Cruz das Almas, Brasil.

^b Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, 44.380-000, Cruz das Almas, Brasil.

Resumo

As estruturas de concreto e as edificações em geral, estão sujeitas a ação de diversos agentes que aceleram o processo de degradação. Identificar esses fatores e atuar mitigando o processo deletério sobre as edificações é fundamental para garantir a durabilidade das mesmas. Na engenharia civil, a patologia das edificações é o campo que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas, as origens e as consequências das manifestações patológicas nas construções. Nesta perspectiva, o presente trabalho apresenta uma verificação das manifestações patológicas que acometem o Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves, Cruz das Almas. A avaliação foi realizada por meio de ensaios semidestrutivos usando solução de fenolftaleína e não destrutivos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), ou drones, para obtenção de imagens em locais de difícil acesso (como as torres metálicas) e observação direta da estrutura. Esta observação foi orientada por uma lista com as principais manifestações patológicas que acometem o concreto, dentre elas: segregação, lixiviação de compostos hidratados, fissuras, sinais de corrosão do aço nas lajes, vigas e pilares, deslocamento do concreto, exposição da armadura e verificação do cobrimento das armaduras em vigas, pilares e lajes. Os resultados apontam a presença de vigas com fissuras associadas a flexão da peça, exposição de armadura em lajes e pilares, cobrimento insuficiente com carbonatação alcançando e despassivando o aço além de espaçadores de armaduras inadequados.

Palavras-chave: carbonatação, estádio, corrosão de armadura.

Pathological Manifestations at the Carmelito Barbosa Alves Municipal Stadium, Cruz das Almas.

Abstract

Concrete structures and buildings in general are subject to the action of several agents that accelerate the degradation process. Identifying these factors and acting to mitigate the harmful process on buildings is essential to ensure their durability. In civil engineering, the pathology of buildings is the field that studies the symptoms, mechanisms, causes, origins and consequences of pathological manifestations in buildings. In this perspective, the present work presents a verification of the pathological manifestations that affect the Municipal Stadium Carmelito Barbosa Alves, Cruz das Almas. The evaluation was carried out by means of semi-destructive tests using phenolphthalein and non-destructive solutions such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), or drones, to obtain images in difficult to access places (such as metal towers) and direct observation of the structure. This observation was guided by a list with the main pathological manifestations that affect the concrete, among them: segregation, leaching of hydrated compounds, cracks, signs of corrosion of the steel in the slabs, beams and columns, concrete detachment, reinforcement exposure and verification of the reinforcement cover in beams, columns and slabs. The results indicate the presence of beams with cracks associated with the flexion of the part, exposure of reinforcement in slabs and columns, insufficient covering with carbonation reaching and de-sparing the steel, as well as inadequate reinforcement spacers.

Keywords: *carbonation, stadium, reinforcement corrosion.*

1 Introdução

Localizado no município brasileiro de Cruz das Almas - BA, as margens da BR-101, o Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves foi construído em estrutura de concreto armado e inaugurado em julho de 1988, possuindo capacidade para 8 000 espectadores. Já foi considerado pela Federação Baiana de Futebol a 3ª maior praça esportiva do Estado da Bahia, além de já ter sediado vários eventos culturais ALMANAQUE CRUZALMENSE [1]. De acordo com o funcionário que trabalha no local desde 1992, o estádio encontra-se desativado, mas já funcionou como sede de uma escola municipal e já passou por alguns reparos, no entanto ainda apresenta diversas manifestações patológicas.

Esta estrutura definida como objetivo de estudo, está localizada próximo a uma rodovia longitudinal brasileira, conforme Figura 1, construída entre os anos de 1950 e 1960, que é um dos principais eixos rodoviários do país, seguindo no sentido norte-sul por praticamente todo o litoral leste brasileiro, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. Desta forma, o período de desativação do estádio juntamente com a exposição constante aos gases poluentes que uma rodovia pode gerar, influenciam diretamente na durabilidade do concreto estrutural e favorecem o desenvolvimento de manifestações patológicas.



Figura 1. Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves.

A Engenharia Diagnóstica é a disciplina que trata das investigações científicas das manifestações patológicas prediais, através de metodologias que possibilitem obter dados técnicos para a caracterização, análise, confirmação, apuração da causa ou prescrição do reparo para a manifestação patológica em estudo JARGEMBOSKI [2].

Dessa forma, a Engenharia Diagnóstica busca favorecer a segurança e funcionalidade das construções, incentivando pesquisas para diagnósticos das manifestações patológicas das

estruturas e maneiras de recuperação, evitando a reincidência de sua deterioração. Este ramo tem crescido no meio da engenharia com propósito de aumentar a durabilidade das estruturas. As construções antigas tendem a sofrer maior quantidade destas manifestações, sejam por ações humanas ou devido a sua exposição ao longo do tempo LIMA et al. [3].

A importância da Engenharia Diagnóstica fica ainda mais evidente quando ocorre algum acontecimento que gera danos sociais e econômicos por sua falta, como no caso do acidente ocorrido no Estádio Octávio Mangabeira, também conhecido como Fonte Nova, em 2007, onde a falta de manutenção preventiva na estrutura da arquibancada e falhas na execução do projeto foram as causas mais relevantes do acidente ocorrido VERMELHO [4].

Dessa forma, tendo em vista um número pequeno de estudos relacionados a estruturas de concreto de estádios de futebol, este trabalho tem como objetivo fazer uma discussão a respeito das causas e origens das manifestações patológicas no Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves por meio de inspeção, ensaios semi-destrutivos e uso de veículo aéreo não tripulado (VANT, ou simplesmente drone).

1.1 Estudo de caso

As manifestações patológicas podem surgir por vários fatores, bem como a associação entre eles. Seja pela interação do concreto com o meio ambiente, reação entre os seus componentes ou a combinação entre eles. Entretanto, as manifestações patológicas mais comuns na construção civil ocorrem devido principalmente à falhas na elaboração do projeto, materiais de baixa qualidade, falhas na execução e à falta de manutenção BEZERRA *et al.* [5].

Inspeccionar, avaliar e diagnosticar as manifestações patológicas da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária GRANATO [6].

De acordo com HELENE [7], diagnóstico é a identificação e descrição do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pela manifestação patológica encontrada em uma estrutura ou elemento estrutural. A constatação de manifestações patológicas pode decorrer tanto de um sintoma externo evidente, ou de uma vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa

rotineiro de manutenção. A fase do levantamento de dados é extremamente importante, pois é esta etapa que fornecerá subsídios necessários para que a análise possa ser feita corretamente.

2 Materiais e Métodos

O presente estudo consiste na verificação das manifestações patológicas no Estádio Municipal Carmelito Barbosa Alves, com base em inspeções realizadas e em informações fornecidas pelos funcionários. Como elemento balizador das vistorias, utilizou-se a norma de inspeção predial nacional do IBAPE [8], a qual descreve sobre critérios utilizados para elaboração de laudos de inspeção predial, baseando-se na análise, uso e manutenção da edificação, bem como da natureza da exposição ambiental.

Numa primeira etapa, foi realizada uma entrevista com o responsável pela administração da edificação, a fim de obter a autorização para a realização das inspeções e acesso a documentação relativa aos projetos de arquitetura e engenharia.

Na etapa seguinte, foi feito o cadastro da estrutura e uma listagem das principais manifestações patológicas encontradas. No bloco central (Figura 2), onde se encontra a tribuna de honra e cabines de imprensa, as lajes foram submetidas ao ensaio semi-destrutivo para determinar a profundidade de carbonatação.



Figura 2. Localização da estrutura.

Para a realização desse ensaio, furos foram executados manualmente na superfície do concreto utilizando marreta e ponteiro (Figura 3), sendo posteriormente limpos com uso de pincéis, removendo o material em pó oriundo das perfurações no concreto. O ensaio de carbonatação foi realizado aplicando uma solução de fenolftaleína diluída em meio alcoólico, conforme prescreve a recomendação da RILEM CPC-18 [9].



Figura 3. Perfuração na laje de concreto.

Em seguida foi realizada a medição da profundidade carbonatada do concreto com utilização de um paquímetro. Nos pilares e vigas, vistorias foram realizadas para identificação das manifestações patológicas.

Para ajudar na identificação de manifestações patológicas nos blocos esquerdo e direito (Figura 2), em locais de difícil acesso como a laje de cobertura e o topo dos pilares, foi utilizado o drone Tello, da marca DJI, equipado com uma câmera 5 MP para obter as imagens. Dessa forma foi possível identificar os pontos onde ocorreram segregação e lixiviação na estrutura. Nos pilares e vigas de toda a estrutura do estádio a segregação, lixiviação, fissuras, deslocamento e exposição da armadura foram identificados através de vistorias.

Em seguida, a utilização do drone DJI Spark, equipado com câmera de 12 MP, favoreceu a obtenção de imagens para identificação de manifestações patológicas em pontos altos da área externa, como a cobertura e o topo da torre de iluminação, além de imagens de localização do estádio com relação a BR-101. Por fim, em todo o perímetro do muro externo também foi realizado vistorias.

3 Resultados e discussões

A Tabela 1 trás uma listagem geral das principais manifestações patológicas identificadas na estrutura de concreto armado do estádio durante o trabalho de vistoria.

Tabela 1: Principais manifestações patológicas da estrutura de concreto do estádio.

Ambiente	Segregação	Lixiviação	Fissuras	Deslocamento Exposição da Armadura
Bilheterias	Não	Não	Sim	Sim
Vestiários	Não	Sim	Não	Não
Sanitários	Sim	Sim	Sim	Sim
Enfermaria	Sim	Sim	Sim	Sim
Bares	Sim	Sim	Sim	Sim
Sala do reservatório inferior	Sim	Sim	Sim	Sim
Sala de Administração	Não	Sim	Não	Não
Áreas de Circulação	Sim	Sim	Sim	Sim
Cabines de Imprensa	Sim	Sim	Sim	Sim
Tribuna de Honra	Sim	Sim	Sim	Sim

3.1 Pilares

O pavimento térreo dos blocos central, direito e esquerdo são divididos em vinte cômodos, dentre eles bilheterias, vestiários, sanitários, enfermaria, bares, sala de árbitros, reservatório inferior e várias salas amplas. Os pilares destes blocos são elementos que sustentam boa parte da estrutura e não apresentam nenhum tipo de proteção por pintura na sua superfície de concreto. De modo geral os pilares apresentam boas condições de conservação, principalmente os quais se encontram em locais com cobertura, no entanto, observou-se regiões de deslocamento do concreto com evolução para armaduras expostas na base de alguns pilares. Algumas das armaduras encontravam-se em processo de corrosão, como pode ser observado na Figura 4.



Figura 4. Exposição e corrosão de armadura na base do pilar.

A carbonatação é um processo de redução da alcalinidade do concreto resultante da reação dos hidróxidos com o CO₂, que ao longo do tempo atinge a armadura, despassivando a camada protetora do aço e iniciando um processo de corrosão generalizada. Uma característica deste processo é a existência de uma "frente" que separa duas zonas com pH muito diferentes, uma com pH >13 e outra com pH <8. Esta frente pode ser visualizada mediante um indicador, como a fenolftaleína, que se torna incolor na zona carbonatada e toma uma cor vermelho-carmim na região que permanece alcalina CASTRO [10].

Segundo ANDRADE [11], a carbonatação depende de um número de fatores, que se adequadamente tratados podem evitar ou minimizar o avanço da corrosão, que são: i) cobrimento do concreto adequado ao ambiente, principalmente quando agressivo e com umidade; ii) concreto com baixa permeabilidade; iii) fissuras controladas com abertura não excedendo os limites de norma.

Os pilares da figura 4 estão localizados na parte externa do estádio, próximo a entrada da bilheteria. De acordo com questionário feito com o funcionário, a região próxima as bilheterias sempre foram pontos onde os espectadores utilizavam para urinar e junto a isso o cobrimento insuficiente e um concreto poroso podem ter levado ao processo de corrosão da armadura e deslocamento do concreto na base dos pilares externos.

3.2 Vigas

Segundo SANTOS [12], as fissuras são um tipo de manifestação patológica observada em estruturas de concreto, seja concreto simples ou armado. Elas podem ter diversas origens, seja em fase de projeto, execução, ou posteriormente durante o uso da edificação, e podem se apresentar, portanto, após anos, semanas, ou inclusive, poucas horas da realização da concretagem. Além disso, os diferentes tipos de fissuras podem apresentar ou não risco à integridade estrutural da edificação.

Nenhuma viga que compõe a estrutura do estádio apresenta pintura de proteção, em algumas foram identificadas a ocorrência de segregação e baixo cobrimento das barras de aço (menores que 2 cm). Detectou-se que as vigas das duas bilheterias que dão sustentação a uma laje maciça de circulação do público, apresentam fissuras por flexão (Figura 6).



Figura 5. Viga da bilheteria.



Figura 6. Fissuras próximo ao apoio e no meio da viga da bilheteria.

Nessas vigas podemos observar que um escoramento foi executado através de dois pilares que dividem o vão (figura 5). Segundo o funcionário do local, este procedimento foi realizado há cerca de 10 anos e a viga não sofreu mais nenhum tipo de intervenção. As fissuras aparecem com aberturas maiores no meio do vão em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Já nos apoios, as fissuras formam um ângulo de 45° com a horizontal devido ao esforço cortante (figura 6). Fatores como falhas na concepção estrutural, execução e sobrecarga, podem influenciar na estrutura e alterar de maneira significativa sua resistência e durabilidade.

3.3 Lajes

Nos pavimentos do bloco central (Figura 7), as lajes foram identificadas com a presença de lixiviação e deslocamento, devido à infiltrações existentes.



Figura 7. Vista do primeiro e segundo pavimento.



Figura 8. Profundidade de carbonatação.

No ensaio de carbonatação realizado, após a aplicação da fenolftaleína, ao ser observada a coloração (incolor), haverá indicação de pH inferior a 9, indicando a carbonatação do concreto. A medição da profundidade carbonatada das lajes de concreto foi realizada com utilização de uma régua (Figura 8), sendo a frente de carbonatação registrada para determinado ponto da laje.

De acordo com a norma vigente no período de construção do estádio, para Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado ABNT NBR 6118:1980 [13], segundo o item 6.3.3.1, o cobrimento para concreto aparente deveria ser de 2 cm. No entanto, todos os cobrimentos analisados nas lajes não foram superiores a 1 cm. Logo, notou-se uma perda de seção do aço de até 100% na laje da cabine 03 (Figura 9), laje na qual o reservatório superior está localizado, o que pode ter potencializado o processo de corrosão por meio da infiltração de água.



Figura 9. Condições da laje da cabine 03.

Segundo ARIVABENE [14] a infiltração é o resultado de um processo onde a quantidade de água em contato com um substrato é tão grande que, a mesma flui ou até mesmo goteja através desse substrato. A água que fica aderida a esse substrato, ocasionará o aparecimento de mancha.

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries, processo pelo qual recebe o nome de lixiviação, ou seja, a lixiviação torna possível a ocorrência das eflorescências. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda no concreto, além da modificação do aspecto visual na estrutura, dado que há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam MEHTA *et al.* [15].

Na estrutura em estudo, o processo de lixiviação aparece em todas as lajes das cabines e tribuna de honra, indicando a infiltração de água, devido principalmente devido à falta manutenção da cobertura da laje (Figura 10).



Figura 10. Lixiviação nas lajes das cabines de imprensa.

De modo geral, a face inferior das lajes de arquibancada encontrava-se em bom estado de conservação por estarem inseridos em uma localidade interna. Observou-se apenas a presença de pontos isolados de armaduras expostas e lixiviação (Figura 11).



Figura 11. Face inferior da arquibancada.

Essas manifestações podem acarretar vários problemas. Conseqüentemente, devido à pouca espessura de cobrimento, a armadura fica sujeita aos agentes agressores que aceleram o processo corrosivo, que evolui com o tempo, comprometendo a segurança da estrutura. O aparecimento de manchas brancas é proveniente principalmente de águas das chuvas que caem sobre a arquibancada e penetram nas fissuras no concreto, que não possui nenhuma forma de impermeabilização nem sistema de drenagem eficiente (Figura 12), chegando à formação de estalactites nos pontos onde a água fica parada.



Figura 12. Água da chuva acumulada sobre a arquibancada.

3.4 Muro

Os pilares do muro em torno do estádio em sua maioria apresentam dois erros executivos, segregação e exposição da armadura no topo, como pode ser verificado na Figura 13.



Figura 13. Muro no entorno do estádio.

O concreto é um produto composto por areia, pedra (brita), cimento e água, que quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma mistura homogênea, onde todos os agregados graúdos estão completamente envolvidos pela argamassa (areia cimento e água). Se ocorrer um erro de lançamento ou de adensamento, os agregados graúdos se separam da argamassa, formando um concreto cheio de vazios, permeável, que permite a passagem de água com facilidade. Esse processo de separação, conhecido como segregação, pode ser provocado, entre outras causas, por: lançamento livre de grande altura; concentração de armadura que impede a passagem da brita; vazamento da pasta de cimento através das fôrmas; má dosagem do concreto; uso inadequado de vibradores ARIVABENE [14].

A segregação no muro do estádio de agentes agressivos ao concreto, aumentando seu processo de deterioração, enquanto a armadura já apresenta avançado estado de corrosão, uma vez que desde o processo de construção sempre esteve exposta.

3.5 Torre de Iluminação

Com o auxílio do drone DJI Spark, foi possível fazer imagens do topo das torres de iluminação por refletores que é feita em aço, para verificar suas reais condições (Figura 14).



Figura 14. Condições do aço na torre de iluminação.

De acordo com as imagens é possível notar o avançado estado de deterioração da estrutura de aço, que tem como principal motivo uma das manifestações patológicas mais comuns em estrutura de aço, a corrosão. Também é possível notar uma pintura de proteção anticorrosiva em toda a estrutura, no entanto, desde a aplicação desta, nenhuma manutenção foi realizada, intensificando o processo de corrosão da estrutura metálica.

4 Conclusões

As manifestações patológicas encontradas afetam diretamente a segurança da estrutura, destacando-se as fissuras por flexão das vigas das bilheteria e a perda de seção de aço nas lajes e nos pilares. A construção está localizada em zona de agressividade II, entretanto, observou-se que os parâmetros que garantem a durabilidade da estrutura inserida nesta zona não foram atendidos, em especial o cobrimento das armaduras. Destaca-se a importância de um plano de recuperação da estrutura do estádio antes que este volte a funcionar como centro esportivo e cultural. Além disso, avaliações periódicas e preventivas devem fazer parte do plano de recuperação, para garantir a durabilidade da edificação.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, a Secretaria de infraestrutura de Cruz das Almas, ao professor Cleidson pelo apoio e orientação e aos funcionários do estádio.

5 Referências

- [1] ESTÁDIO “BARBOSÃO”. Almanaque Cruzalmense, 2016. Disponível em: <https://almanaquecruzalmense.wordpress.com/2016/05/07/estadio-barbosao/>. Acesso em: 10 de fev. de 2020.
- [2] JARGEMBOSKI, NAYARA JULIANA. Engenharia Diagnóstica: Sua Contribuição para a Construção Civil. 2018.
- [3] LIMA, S.; SIQUEIRA, W. Manifestações Patológicas em laje de cobertura: estudo de caso. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIAS E REABILITAÇÃO EM ESTRUTURAS, 2010, Córdoba, Argentina. Cuiabá, Mato Grosso, 2010.
- [4] Técnicos da UFBA apontam causas do acidente na Fonte Nova. Vermelho, 2008. Disponível em: <https://vermelho.org.br/2008/01/28/tecnicos-da-ufba-apontam-causas-do-acidente-na-fonte-nova/>. Acesso em: 06 de nov. de 2020.
- [5] BEZERRA, Marília Marques Pessoa et al. Inspeção das Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Edifício Bom Pastor em Garanhuns-PE: marília bezerra. : Marília Bezerra. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Garanhuns-pe, v. 2, n. 3, p. 84-93, 28 ago. 2017. Trimestral. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. <http://dx.doi.org/10.25286/rep.v2i3.691>.
- [6] GRANATO, J. E. Apostila: Patologia das construções. São Paulo, 2002.
- [7] HELENE, Paulo Roberto Lago; PEREIRA, Fernanda. Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. São Paulo, 2007.
- [8] IBAPE (Nacional. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia) - Norma de Inspeção Predial, 2012.
- [9] RILEM RECOMMENDATION CPC-18, Measurement of hardened concrete carbonation depth. Materials and Structures. 21, 453-455. ISSN: 1359-5997. 1988.
- [10] CASTRO, E.K.; 1994. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Publicação N°: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p.
- [11] ANDRADE, C. (1992a), " Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras", Editora Pini, S. Paulo, 104 p.
- [12] SANTOS, Mateus Dierings Tanus dos. Manual básico para identificação de fissuras mais comuns em estruturas de concreto armado para engenheiros recém-formados. 2019.

- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, p. 30. 1980.
- [14] ARIVABENE, Antonio Cesar. Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 3, n. 10, p. 1-22, 2015.
- [15] MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.