

ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Érick dos Santos Moreira¹, Lidiani Aparecida Colombo², Marcela Giacomini Bonatto³, Beverson Beltrame⁴.

1 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

2 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

3 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

4 – Especialista – Professor Multivix – São Mateus

RESUMO

Trata-se de um estudo de caso realizado no Estádio Manoel Moreira Sobrinho do bairro Sernamby no município de São Mateus - ES mais conhecido como Estádio do Sernamby, pertencente à Associação Atlética de São Mateus - ES, inaugurado em 05 de Março de 1965 com capacidade de comportar 4.500 pessoas. Através de uma inspeção visual estiveram identificadas as manifestações patológicas presentes nos sistemas estruturais de concreto armado da edificação. Com isso, foram realizadas análises dos aspectos gerais das anomalias, com intuito da identificação do dano encontrado nas arquibancadas presentes. Maiores problemas encontrados foram grande incidência de corrosão de armaduras, umidade, fissuras, irregularidades geométricas, nichos de concretagem, manchas escuras, eflorescência e lixiviação. Mediante a exposição patológica da estrutura, percebeu-se que estes danos poderiam ter sido minimizados caso ocorresse um controle de qualidade durante seu processo construtivo mais um programa de manutenção preventiva da estrutura avaliada. Espera-se que este trabalho de conclusão de curso ajude aos projetistas, usuários, construtores e toda equipe responsável por este local, não só como cuidado nos procedimentos específicos construtivos das estruturas, assim como utilização.

Palavra-Chave: Estudo de caso, patologias, vida útil, manutenção, concreto armado, degradação e sistemas estruturais.

ABSTRACT

This is a case study carried out at the Manoel Moreira Sobrinho Stadium in the Sernamby neighborhood in the municipality of São Mateus - ES better known as Estádio do Sernamby, belonging to the Athletic Association of São Mateus - ES, opened on March 5, 1965 with capacity to hold 4,500 people. Through a visual inspection, the pathological manifestations present in the reinforced concrete structural systems of the building were identified. With that, analyzes of the general aspects of the anomalies were carried out, in order to identify the damage found in the stands present. The biggest problems encountered were a high incidence of reinforcement corrosion, moisture, cracks, geometric irregularities, concreting niches, dark stains, efflorescence and leaching. Through the pathological exposure of the structure, it was realized that these damages could have been minimized if there was a quality control during its construction process plus a preventive maintenance program for the evaluated structure. It is hoped that this course completion work will help designers, users, builders and the entire

team responsible for this location, not only as care in the specific construction procedures of the structures, as well as use.

Keyword: Case study, pathologies, useful life, maintenance, reinforced concrete, degradation and structural systems.

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil é conhecida, dentre tantos motivos, por sua vasta área de atuação e informação com os mais variados e abrangentes campos de estudos. O foco deste artigo é abordar e tratar de um dos principais assuntos discutidos durante o curso de Engenharia Civil: a Patologia Estrutural, que é o estudo de manifestações patológicas nas estruturas de concreto e concreto armado, dando ênfase a um estudo de caso realizado estádio Manoel Moreira Sobrinho mais conhecido como Estádio do Sernamby para identificar e solucionar os problemas causados por tais manifestações apresentadas neste trabalho, resultado da má utilização e conservação da estrutura. Conforme Felix et al. (2018), para o crescimento econômico da sociedade atual e o desenvolvimento sustentável, é necessário fazer uso de fatores como confiabilidade e durabilidade das estruturas.

Para Zuchetti (2015) apud Helene (2003), as formações patológicas das edificações não acontecem sem motivo e de forma isolada, pois geralmente ocorrem com relação aos erros cometidos durante, pelo menos, em alguma das fases do processo de concepção da edificação, sendo indispensável o conhecimento que deu origem ao problema e o histórico do mesmo para que possa ser apontado em que fase ou processo de construção ocorreu essa inconformidade que gerou tal problema patológico.

Essas manifestações patológicas estruturais são um dos principais problemas da má utilização da estrutura, resultando em desconforto para seus usuários, além da redução da Vida Útil de Projeto (VUP). Mediante a este problema, pergunta-se: o que fazer para reparar os danos causados à estrutura e garantir segurança para todos?

Para resolver problemas causados pela umidade ou deterioração dos componentes estruturais, é necessário dar a devida atenção às causas patológicas não apenas onde os sintomas aparecem, mas, também, em sua origem. Utilizar-se corretamente das técnicas preventivas de reparação e utilização para que o dano causado não volte a se repetir, são possíveis formas de evitar a propagação dos problemas para as demais regiões.

O objetivo deste artigo é periciar o comportamento das manifestações patológicas que, por sua vez, são fundamentais para a obtenção da solução do problema descrito acima que envolve o Estádio Manoel Moreira Sobrinho mais conhecido como Estádio do Sernamby, a fim de estreitar e elevar a relação entre problema e sociedade, buscando soluções que sejam favoráveis não a um, mas sim a toda comunidade que espera por respostas e providências quanto ao problema abordado em todo decorrer do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM DOS PROBLEMAS NAS ESTRUTURAS

Conforme Souza e Ripper (1998), o surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura indica, ao final do processo de maneira geral, a existência de falhas identificadas na execução de uma das etapas do processo de construção da obra ou até mesmo falhas no controle de qualidade e nas atividades realizadas nesse processo.

2.1.1 Erros na Concepção de projeto

De acordo com Oliveira (2013), muitas falhas acontecem na etapa de concepção do projeto ou do empreendimento. Podem ter origem nas etapas de lançamento do projeto estrutural (estudo preliminar), na etapa utilizada para executar o anteprojeto e, até mesmo, na execução do projeto, também chamada de projeto final de engenharia.

Segundo Silva e Jonov (2019), os erros de concepção do projeto de uma edificação estão ligados à:

- Má definição de cargas atuantes;
- Deficiência no cálculo das estruturas;
- Pouca ou nenhuma suficiência no detalhamento dos dados;
- Falhas e erros de dimensionamento;
- Ausência de vergas e contravergas nas esquadrias e aberturas de alvenaria para resistir às cargas atuantes sem provocar fissuras na parede;
- Ausência de “sentimento estrutural” que permitirá maior sensibilidade mediante os erros de projeto em todas as etapas de elaboração e execução da obra.

2.1.2 Erros na Execução de projeto

As irregularidades presentes na execução de projetos estão ligadas às fases antecedentes de produção má elaborada dos envolvidos. Sendo assim, o surgimento de problemas patológicos podem ocasionar danos à estrutura da obra, além de reduzir sua vida útil de projeto (VUP).

Dando continuação, segundo Silva e Jonov (2019), alguns dos erros ocorridos na execução do projeto são:

- Mão de obra desqualificada e incapacitação profissional;
- Falta de alinhamento e enquadro em estruturas ou alvenarias;
- Flechas excessivas em lajes.

2.1.3 Erros na Utilização da obra

Para Souza e Ripper (1998), as causas patológicas que são manifestadas por manutenção irregular ou nenhuma da estrutura, têm sua origem do desconhecimento técnico, utilização de forma errônea ou até mesmo em problemas econômicos. A falta de verbas destinadas à manutenção das mesmas

tem sido um agravante responsável pelo surgimento destas anomalias estruturais.

Para Herani (2012) é correto afirmar que se deseja, em amplitude moderna, estabelecer definições para as obras que serão executadas. Ainda afirma que, os envolvidos precisam estar cientes que os materiais não são perpétuos, porém envelhecem e precisam de tratamento e manutenção adequados para prosseguirem em suas devidas funções.

2.2 PRINCIPAIS ELEMENTOS ESTRUTURAIS PRESENTES EM ESTÁDIOS

Em construções de concreto armado, sendo elas de grande e pequeno porte, existem três elementos estruturais bastante comuns e mais importantes que são: lajes, vigas e pilares. Com isso, os elementos de fundações que poderão ou não ocorrer em todas as obras serão as sapatas de fundação, blocos, tubulões, estacas, consolos, tirantes, vigas-parede e outros. De maneira geral, com a infinidade dos elementos estruturais presentes nas estruturas têm-se, também, dente geber, viga alavanca e os elementos compostos que são as escadas, muros de arrimo, reservatórios, dentre outros.

2.2.1 Construção e classificação de arquibancadas

De acordo com o site *Obra24horas* (2012), arquibancada é um tipo de estrutura projetada para fornecer assentos escalonados e podem ter vários tamanhos e configurações. O tipo e número de componentes da mesma dependerão do evento, do espaço necessário, do número de espectadores e dos recursos financeiros disponíveis.

As arquibancadas podem ser classificadas como:

- **Permanentes ou estacionárias:** geralmente maiores, são unidades que ocuparão a mesma posição durante todo o processo de instalação, por isso geralmente são fixadas no solo;

- Portáteis ou móveis: unidades menores feitas de materiais leves. Devem ter um sistema deslizante ou de rolos que os torne fáceis de mover para qualquer lugar;
- Telescópicas ou retráteis: geralmente são encontrados em ginásios com espaço limitado. Essas arquibancadas podem ser embutidas ou abertas para acomodar o público. Quando fechado, este tipo de sistema ocupa relativamente pouco espaço e pode ser usado como um possível divisor de ambiente;
- Temporárias: são armazenados em módulos ou seções e montados juntos para eventos especiais (vaquejada, rodeios, desfile, circo, inaugurações e outros). Após o evento, a arquibancada será desmontada e guardada até que seja necessária novamente.

Normalmente, a arquibancada consiste nas seguintes partes: degraus, apoio para os pés, assentos e guarda-corpos, geralmente chamados de corrimões. Utilizados geralmente por questões de segurança, os corrimões são essenciais para proporcionar maior estabilidade nos pontos de entrada e saída das arquibancadas. As mesmas deverão ser leves, o que contribuirá para a montagem e desmontagem, porém fortes o suficiente para fornecer um suporte adequado. O corrimão ou guarda-corpo deve se estender por 1,0 m acima da superfície inferior do degrau de entrada até o conjunto da arquibancada (assentos, corredor e apoio para os pés) e a inclinação avaliada pelos problemas de visão e conforto.

A função das arquibancadas não é apenas acomodar as pessoas, mas também garantir que o público tenha um bom entendimento do evento. Para garantir esse objetivo, a manutenção da inclinação é essencial.

É recomendado que a inclinação não exceda 35 graus. Em casos extremos, medidas de segurança devem ser implantadas, podendo chegar a 45 degraus. O valor medido pode variar de acordo com o perfil linear, no entanto os degraus devem ser sempre os mesmos: a altura geralmente varia de 25 cm para baixo e 45cm para cima.

2.2.2 Estruturas das arquibancadas

Ainda segundo o site Obra24horas (2012), a solução das arquibancadas em superestrutura é a mais comumente usada. Se o terreno estiver localizado em uma depressão ou declive, ele se tornará mais econômico. Podem-se instalar algumas ou todas as etapas na inclinação natural do terreno e, mesmo em alguns casos, poderá ser aplicado o aterro para finalidade de posicionar os degraus. Esta solução exclui absolutamente qualquer uso do espaço sob as arquibancadas.

A escolha do material depende de fatores como a capacidade do público, o uso pretendido da estrutura, a disponibilidade de fundos, as condições climáticas e a quantidade estética.

Para diferentes finalidades de estruturas permanentes e usos variados, o concreto é geralmente usado, enquanto as estruturas metálicas são amplamente utilizadas em estruturas temporárias devido à sua ampla gama de usos, modulação, transporte conveniente, velocidade de montagem e portabilidade (remontagem em outros locais). Se os serviços e outras facilidades forem incluídos sob as arquibancadas, uma superfície sólida, impermeável e contínua de metal ou concreto é necessária.

2.3 PRINCIPAIS DOENÇAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS ESTRUTURAS

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019), é possível encontrar no concreto diversas formas de manifestações patológicas. Algumas muito comuns, abordadas abaixo, são facilmente reconhecidas e servem como alerta para evitar a propagação destas anomalias às demais regiões da estrutura.

2.3.1 Infiltração, manchas, bolor (ou mofo) e eflorescência

Para Silva e Jonov (2019), as manifestações de manchas no concreto seguirão acompanhadas ou não pelo surgimento de eflorescências ou vesículas exposta na origem do problema. Ainda segundo este autor, quando se utiliza uma tinta impermeável, os depósitos de eflorescência surgem entre as camadas de tinta e de reboco, o que comprometerá a aderência entre ambas, além de provocar o surgimento de bolhas, permitindo assim, a percolação da água entre o revestimento e a tinta de tal alvenaria comprometendo a estrutura.

2.3.2 Trincas, fissuras e rachaduras

De acordo com Shirakawa (1995) apud Scheidegger e Calanzani (2019), a infiltração acontece quando a quantidade de água é maior que o esperado e pode fluir, resultando nesta forma de manifestação patológica; ainda afirma que a água fica aderente ao atravessar uma parede ou barreira resultando, então, numa mancha; o termo bolor ou mofo indica diversas populações de fungos filamentosos que atuam sob os substratos como, por exemplo, as argamassas inorgânicas e a aparição destas anomalias em fachadas ou revestimentos internos causam as alterações estéticas no ambiente formando manchas escuras em tonalidade preta e, por fim, ainda aponta que se dá o nome eflorescência àquelas formações salinas que surgem na superfície da estrutura trazidas do seu interior pela aparição da umidade e se apresenta numa cor esbranquiçada na superfície da pintura ou reboco.

Conforme Oliveira (2013), trincas, fissuras e rachaduras são um dos tipos mais comuns de manifestações patológicas que podem ser encontradas em elementos estruturais de uma edificação (lajes, vigas, pisos, pilares, entre outros) causadas, geralmente, pela ação de tensão de tração dos materiais. Ainda segundo o autor, se houver um esforço solicitado maior que a resistência do material, este estará sujeito a falhas provocadas pela abertura, variando conforme sua espessura, como mostrado abaixo:

Tabela 2 – Anomalias causadas por manifestações patológicas aparentes.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira (2013).

Segundo Silva e Jonov (2019), outro tipo de fissura aparente caracterizada pela ação da umidade é aquela encontrada em muros por meio da absorção de água através da chuva regional ou até mesmo do orvalho, ocasionada pela movimentação diferencial da argamassa do topo que acaba por destacar-se do corpo do muro.

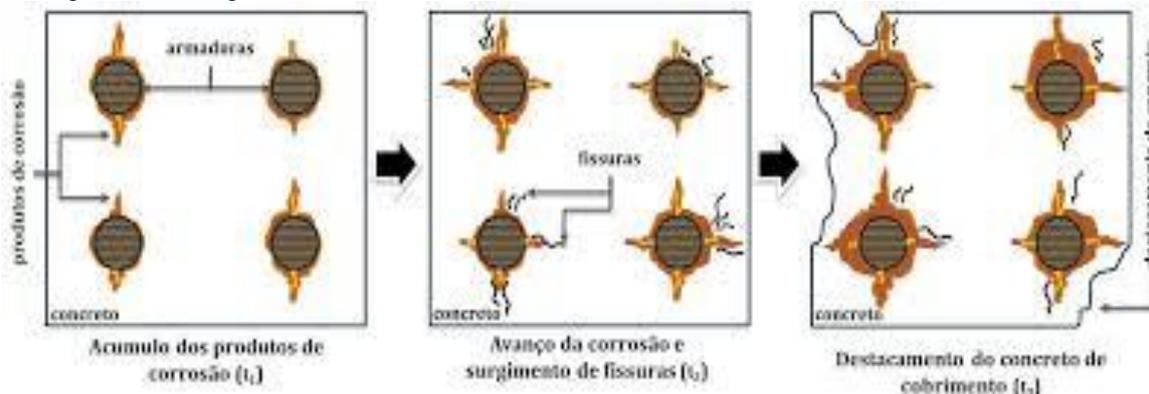
2.3.3 Corrosão da armadura

Soares et al. (2015) mencionam que, a deterioração do concreto pode ter sua origem em fatores mecânicos, físicos ou químicos já que armaduras de aço-carbono sofrem o processo de corrosão em tempo recorde e precisam de uma rápida e eficiente atenção na avaliação e manutenção nas falhas expostas. Para amenizar os efeitos que este problema patológico causa nas estruturas, é necessário que a busca por materiais mais resistentes às propriedades de corrosão do concreto seja mais eficiente mesmo que apresente um custo inicial muito elevado.

Segundo os referidos autores citados no texto acima (item 3.4.3), a corrosão é definida pelo processo de interação entre o material e o meio ambiente, provocando reações que estão ligadas aos agentes naturais de deterioração do material utilizado em pauta. No caso do concreto armado, essas anomalias podem se apresentar como fissuras, manchas aparentes, perda de

massa do concreto, destacamento do cobrimento da ferragem e, conseqüentemente, na redução da seção da estrutura.

Figura 1 – Estágio dos danos causados no concreto através da corrosão das armaduras.



Fonte: Felix et al. (2018).

Conforme, ainda, Soares et al. (2015), a manifestação da corrosão não ocorre no concreto, mas nas armaduras (barras de aço) presentes dentro dele. Sendo assim, como prevenção, faz-se necessário a proteção destas barras com a própria utilização do concreto, respeitando o seu cobrimento e suas respectivas funcionalidades a fim de evitar danos causados por corrosão e oxidação da estrutura.

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019), para que não haja uma manifestação prematura das doenças patológicas citadas no decorrer do trabalho, faz-se necessário a exigência de medidas preventivas para evitar o acelerado desenvolvimento de tais anomalias que possam dificultar a restauração das estruturas afetadas.

2.3.4 Corrosão através de íons de cloreto

De acordo com Souza Ripper (1998), “A penetração de íons cloreto pode ocorrer mediante a estrutura porosa ou como componente dos elementos constituintes do concreto, sendo no processo de dosagem recomendado a sua utilização até 0,4% do peso do cimento”.

O processo de despassivação da armadura consiste na ruptura local da camada de passivação, causada pelo elevado teor de íon-cloro, podendo ocorrer mesmo com o pH elevado por causa dos íons. O recomendável para uma medida preventiva com finalidade de dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto, de acordo com a NBR 6118 (2014), seria a utilização de concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto de aditivos de escória ou material pozolânico também é bem aceitável.

2.3.5 Carbonatação

O gás anidrido carbônico (CO₂) presente na atmosfera, pode adentrar-se nos poros do concreto e obter uma reação com o hidróxido de cálcio existente na água do concreto, formando então o carbonato de cálcio. Com isso, acontecerá a carbonatação, onde ocorre a redução do pH para outros valores abaixo de nove, no qual valores inferiores a sete se tornam uma solução ácida.

O concreto, após sofrer a hidratação dos silicatos da pasta do cimento, libera Ca(OH)₂, passando a ter uma alta alcalinidade, obtendo um pH da mistura entre 12 e 13 e se tornando assim um meio alcalino que promove a formação de um filme de óxido no aço, protegendo contra a corrosão. Porém, de acordo com Salomão Silva (2008), em condições normais, o CO₂ atmosférico penetra no concreto e reage com o Ca(OH)₂, diminuindo o pH para valores menores que 10, dando início as reações químicas da carbonatação, que se inicia na parte externa a partir do transporte de dióxido de carbono para dentro da peça através da difusão.

2.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994, manutenção preventiva é definida como: “toda manutenção realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com normas prescritas para reduzir a possibilidade de falha ou degradação da função do projeto”.

Segundo Xenos (1998, p. 24) destaca a vantagem do uso da manutenção preventiva em face a manutenção corretiva: "(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos."

A manutenção preventiva é qualquer medida destinada a controlar, monitorar e reduzir e/ou prevenir falhas de desempenho do equipamento. Isso evita o risco de perda e interrupção da produção. É eficaz para todos os segmentos de mercado, porque somente equipes de solução de problemas podem tornar a linha de produção mais eficiente.

2.4.1 Definições da manutenção preventiva na construção civil

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994, nas edificações civis, esse tipo de manutenção é fundamental devido ao grande movimento de pessoas e máquinas. Segundo a NBR 5674/1999:

- A inspeção que é avaliar o estado do edifício e seus componentes para orientar as atividades de manutenção;
- Manual de operação, uso e manutenção: este documento coleta adequadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção do edifício;
- Planejamento (dos serviços de manutenção): esta é uma previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, condições especiais de acesso, cronogramas de desempenho e períodos de serviço de manutenção;
- Previsão orçamentária: esta é a estimativa de custo para executar o plano de manutenção;
- Programação (dos serviços de manutenção): utilizado para desenvolver um cronograma para serviços de manutenção;
- Serviço de manutenção: são intervenções no edifício e seus componentes, com o objetivo de manter ou restaurar as capacidades funcionais do mesmo;

- Sistema de manutenção: é um conjunto de procedimentos usados pela organização para gerenciar serviços de manutenção;
- Projeto: trata-se de uma descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de engenharia ou construção, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e jurídicos;
- Vida útil de um edifício e seus componentes atendem ao período planejado de operação; uso e manutenção atendem aos requisitos da função de projeto do edifício e suas variáveis.

2.4.2 Escopo da manutenção de edificações

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, a manutenção predial visa preservar ou restaurar as condições ambientais adequadas ao uso pretendido do edifício. A manutenção do mesmo inclui todos os serviços executados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho devido à degradação da qualidade do componente ou atualizações de demanda do usuário. Essa manutenção não inclui serviços de alteração da finalidade do edifício.

2.4.3 Gestão de qualidade dos sistemas de manutenção

Segundo a ABNT NBR 5674/1999. O sistema de manutenção deve possuir uma estrutura interna de gestão da qualidade e possuir as seguintes características:

- a) Desenvolver ou compilar padrões e procedimentos do sistema de manutenção, incluindo documentos técnicos para execução de serviços de manutenção;
- b) Supervisionar a qualidade das atividades realizadas no sistema de manutenção, incluindo procedimentos de documentação e registro, coleta de informações, previsão de orçamento, planejamento, desenho e programação, contratação de serviços de terceiros e controle de execução;
- c) Considerar os seguintes aspectos e avaliar continuamente a eficiência do sistema de manutenção:

- tempo médio de resposta para intervenções de emergência e solicitação do usuário;
- relacionar o tempo e custo apreciado e de fato realizados;
- percentagem de sucesso da intervenção é medida pela percentagem de serviço necessária;
- satisfazer os usuários do edifício, calculada através de buscas de ponto de vista;
- desempenho do sistema financeiro.

d) Com base nos resultados do sistema de manutenção, são monitoradas as variações de valor do edifício durante sua vida útil.

Kardec e Nascif (2009, p. 163) explicam o papel da manutenção no sistema de qualidade: "O sistema de qualidade de uma organização é formado por vários subsistemas que se interligam através de relações extremamente fortes e independentes. Nesse contexto, a manutenção tem um papel preponderante. Como a sua missão é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um programa de produção ou de serviço com preservação do meio ambiente, confiabilidade, segurança e custos adequados, cabe à manutenção fazer a coordenação dos diversos subsistemas fornecedores, aí incluímos a engenharia e o suprimento de materiais, entre outros, de modo que o cliente interno principal, que é a operação, tenha a instalação de acordo com as necessidades da organização para atingir suas metas empresariais. A integração destes subsistemas atuando como verdadeiros times é, com certeza, o fator crítico de sucesso mais importante de uma empresa."

2.4.4 Responsabilidade da manutenção

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, o proprietário do edifício é responsável pelas técnicas e regulamentos do manual de operação, uso e manutenção do edifício (se houver). No caso dos imóveis, os coproprietários responsáveis pela manutenção das diversas partes autônomas e solidariamente responsáveis pela totalidade do edifício devem cumprir e implementar o disposto nas normas técnicas e nos manuais de funcionamento, utilização e manutenção predial (se houver). O proprietário pode confiar a gestão desta manutenção à empresa ou a um profissional com qualificação habilitada legalmente.

2.4.5 Planejamento dos serviços de manutenção

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, todas as atividades de manutenção devem ser definidas por planos de longo, médio e curto prazos para:

- a) Ordenar as atividades de manutenção para diminuir a carência de contínuas interferências de acompanhamento;
- b) Minimizar as intervenções das atividades de manutenção no uso do prédio e a intervenção do usuário na execução do serviço de manutenção;
- c) Melhorar o uso de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

2.4.6 Evolução da manutenção

A evolução das manutenções enfatiza a melhoria dos atributos dos serviços prestados para durabilidade daquela estrutura além do desempenho para que ocorra a redução de falhas, as mudanças técnicas de execução nas manutenções sendo ela preventiva, preditiva e corretiva. A seguir, a função de cada manutenção:

- Manutenção preventiva: Projetado para reduzir e evitar danos ou degradação do desempenho. Por esse motivo, as etapas preventivas devem ser executadas regularmente e as etapas preventivas devem ser executadas antes que a falha ocorra.
- Manutenção Preditiva: Realizar esta operação analisando e monitorando determinados aspectos ou condições dos equipamentos e dispositivos para evitar problemas no futuro, ou seja, por meio de inspeções regulares.
- Manutenção corretiva: É projetada para restaurar ou corrigir o funcionamento de equipamentos perdidos ou degradados.

3. METODOLOGIA

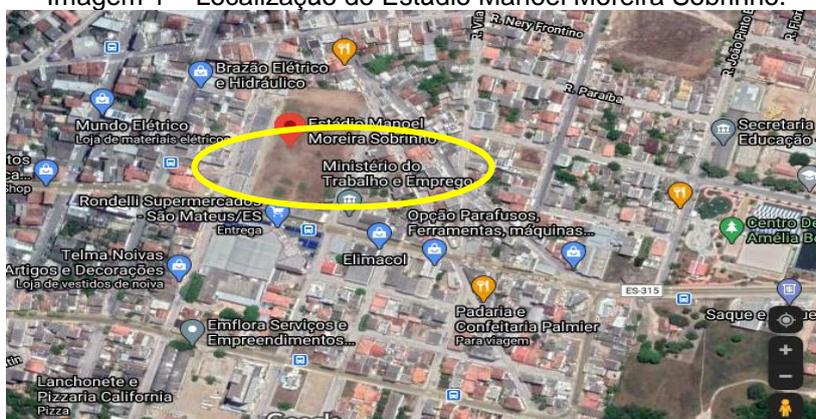
Este artigo possui caráter exploratório envolto de uma pesquisa aplicada, com uma abordagem qualitativa de dados e tem por finalidade apresentar o Estudo de Caso referente às diversas manifestações patológicas encontradas no Estádio Manoel Moreira Sobrinho, também conhecido como Estádio do Sernamby, localizado na Rua Zenor Pedrosa Rocha, número 53, bairro

Sernamby em São Mateus – ES, com o início da construção do mesmo datada em 13 de Dezembro de 1963 e inauguração datada em 05 de Março de 1965.

Devido interdição de parte da arquibancada em 2016 por problemas estruturais e patológicos, o estádio possuía capacidade para abrigar pouco mais de 3500 pessoas.

Com reformas adotadas naquele ano, atualmente o estádio possui capacidade para receber 4500 pessoas e possui uma área de 16 mil m², mas o público recorde foi em 2009 com aproximadamente 7500 pessoas.

Imagem 1 – Localização do Estádio Manoel Moreira Sobrinho.



Fonte: Google Maps - satélite (2020).

Como toda construção possui seu tempo de vida útil determinada por estudo de normas, é notável que depois de determinado momento a obra precise passar por reformas, reformas estas cabíveis como métodos de prevenção contra acidentes estruturais e contra as ações de intempéries.

No estudo feito pelos alunos autores deste trabalho, foi constatada a presença de vários tipos de manifestações patológicas presentes tanto interna como externamente falando e, notou-se que a causa mais aparente da interdição de uma das arquibancadas se deu, justamente, pela presença dessas doenças patológicas nas estruturas do estádio. Dentre as existentes, é notável citar:

- a) Corrosão e deterioração da armadura do concreto

Imagem 4 – Corrosão da armadura no pilar de sustentação



Fonte: Autores (2020).

- Origem: a origem do problema pode estar relacionada à fase inicial de projeto, a má execução das etapas ou a errônea utilização da estrutura e dos materiais inadequados e se dá porque o aço que se concentra no interior do concreto está revestido por uma camada passivadora na qual protege o metal de ações exteriores e, quando esta mesma camada é destruída, ocorre o processo de despassivação da armadura que acarretará na corrosão da mesma. O que mantém a camada passiva do aço é o elevado teor no pH contido nas características do concreto.
- Causas: os agentes químicos causadores desta anomalia são os íons (cloretos, sulfatos, dióxido de carbono) além de ocorrer, também, por ação de certos líquidos ou gases. O processo de carbonatação promove a redução no pH do concreto e desencadeia a despassivação, deixando o aço vulnerável ao processo corrosivo da armadura.
- Consequências: a corrosão afeta de maneira direta a durabilidade da estrutura devido à diminuição da seção do aço reduzindo, também, a sua vida útil de projeto.

b) Surgimento de fissuras, trincas e rachaduras nas estruturas

Imagem 5 – Surgimento de trincas e fissuras nos degraus da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

- Origem: pode apresentar-se na etapa inicial do projeto, na má execução das fases e até mesmo na falta de utilização dos materiais corretos. A origem desses problemas pode estar relacionada à força de resistência aplicada sobre tal estrutura. Surgem quando a força aplicada sobre a peça é maior que sua capacidade de resistência e as aberturas são uma forma de aliviar essas tensões extras. Quanto maior for a restrição dos movimentos, maior será o campo de abertura da seção. Também se dá devido à carência de armadura nas seções e, até mesmo, em problemas com os tipos de fundações empregadas.

- Causas: o recalque diferencial de fundação é uma das causas mais aparentes para o surgimento desse tipo de manifestação patológica, isso acontece por haver uma diferença no adensamento do solo fazendo com que o mesmo possua certo “rebaixamento” em seu nível. No caso da imagem abaixo (imagem 5), essas anomalias estão relacionadas às variações de temperatura que causam contração e dilatação do material por ausência das juntas de dilatação que impedem o surgimento de fissuras e, também, relacionam-se com a retração do concreto, quando o tempo de cura ou secagem do concreto não é respeitado, dando origem ao surgimento dessas aberturas.

- Consequências: a falta dos cuidados necessários para evitar o surgimento dessas doenças não causam danos estruturais, mas interfere no acabamento e revestimento final da peça.

c) Aparecimento de manchas e bolores causados pelas ações de umidade no local

Imagem 6 – Surgimento de manchas e infiltrações nas saídas da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

- Origem: a origem destas manchas e bolores está ligada à má execução da obra e a má qualidade dos materiais utilizados e se dá devido ao elevado índice de vazamentos hidráulicos nas estruturas, águas da chuva e até mesmo devido à má percolação da água sobre a superfície do concreto na concretagem.
- Causas: são causados pela má impermeabilização da estrutura nas suas fases iniciais (conforme imagem 6), falta de circulação do ar, falta de manutenção, dentre outros. Materiais de revestimento altamente porosos também danificam a parte estrutural do projeto, pois quanto mais umidade, maior é o surgimento e a proliferação de fungos. Espaços com pouca circulação de ar também favorecem para a retenção da umidade provocando, então, as falhas indesejadas. Percebe-se, na imagem 6, que a maior causadora destas doenças patológicas está relacionada a má impermeabilização do local.
- Consequências: como mostrado na imagem abaixo, as consequências desta anomalia englobam perda de pintura, surgimento exposto da ferrugem, acidentes estruturais, quedas do reboco, além de causar danos à saúde devido ao surgimento e crescimento de manchas e bolores no local.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme foram apresentados os dados no decorrer da elaboração do trabalho, foram propostas algumas soluções que possivelmente dariam certo para as patologias identificadas na edificação.

As infiltrações, manchas, bolor e eflorescência precisam passar por uma avaliação minuciosa para determinar se foi feita a impermeabilização na parte superior, a fim de impedir a penetração da água na estrutura. Como foram encontradas várias infiltrações no estádio, há alguns métodos que podem ser utilizados para reparar as fissuras e juntas, por onde ocorreu a infiltração, impedindo assim a deterioração causada pela água que pode ocasionar a corrosão da armadura.

Imagem 7 – Ações por infiltração na estrutura da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

Ao analisar as trincas, fissuras e rachaduras, é necessário saber que cada tipo de fissura possui a causa que a agravou e, cabe a um profissional capacitado analisar e decidir qual a melhor forma de tratamento para ser aplicada.

Dentre várias formas, existe a técnica de cristalização, onde há injeção de materiais rígidos nas fissuras, onde utiliza-se argamassas a base de cimento ou resinas flexíveis como epóxi, que é uma das mais utilizadas por não ser retrátil, possuindo baixa viscosidade, alta resistência e aderência além de endurecer

rapidamente. A escolha da resina que o profissional escolherá, levará em consideração o tamanho e a abertura da fissura, sendo feita a selagem logo em seguida por uma cola epóxídica para protegê-la.

Imagem 8 – Rachaduras expostas nos degraus da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

A selagem é uma técnica para tratar fissuras que evoluem com o passar do tempo (fissuras ativas), onde é feito a vedação da borda com um material bem aderente e flexível. Outra técnica bastante utilizada é o grampeamento, onde é necessário reforçar a estrutura adicionando armadura para sustentar os esforços sobre as fendas.

No processo de corrosão de armaduras, a recuperação da mesma é mais delicada, pois ela ocorre devido à má execução das etapas na sua fase inicial onde não foram utilizados os materiais adequados para realizar a proteção do aço contra a corrosão.

Para realizar a recuperação, o profissional deve analisá-la para determinar o quanto ela está comprometida, com intuito de procurar a melhor maneira para brecar e se possível, aniquilar tal patologia. Souza e Ripper (1998) esclarecem que antes de tudo é necessário que seja feito a limpeza do local, expondo a armadura degradada, retirando o concreto. A limpeza da armadura pode ser feita de diferentes maneiras, e a opção por cada uma delas dependerá do tipo de impureza presente.

De acordo com Marques (2015), para que o sistema anticorrosivo tenha sucesso é preciso que se conheça a causa da deterioração. Por fim, a armadura é novamente recoberta com o material cimentício.

Imagem 9 – Deterioração da armadura no pilar de sustentação



Fonte: Autores (2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

Conforme pesquisas realizadas e a junção de análise dos dados observados pelos alunos autores, as arquibancadas mais antigas são a maior problemática do estádio devido à falta de manutenção coerente, além da grande incidência de corrosão do aço das armaduras que prejudica o concreto e diminui sua resistência trabalhada. Foi discutido entre os autores do artigo e funcionários do lugar que a última reforma executada em uma das arquibancadas foi realizada em 2016 e não conseguiu suprir, de maneira correta, os defeitos antes já existentes.

Dirigindo-se às soluções, nota-se que independe se não afetada à estrutura, o problema precisa ser tratado e ações de manutenções preventivas devem ser tomadas da primeira à última etapa do processo a fim de evitar a propagação de tais doenças para demais regiões da estrutura. Quando se trata da recuperação dessas estruturas danificadas, é necessário entender que não

se podem medir esforços quanto à utilização de métodos e materiais corretos e de qualidade superior para a resolução do problema.

Dessa forma, este artigo buscou evidenciar e procurar soluções cabíveis para esses problemas encontrados em todo o decorrer do trabalho. Os métodos de pesquisas utilizados foram de excepcional ajuda para os autores alunos que aprenderam e puderam vivenciar as condições em que se encontrava o local e a apresentação dos resultados teve caráter promissor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIGO. Construção e montagem de arquibancadas. **Obra24horas**, São Paulo, maio 2012. Disponível em: <<https://www.obra24horas.com.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5674/1999**: Manutenção de edificações - Procedimento. 2Ed., Rio de Janeiro, 1999. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5462/1994**: Confiabilidade e manutenibilidade. 2Ed., Rio de Janeiro, 1994. 37p.

FELIX, E.F. et al. “Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF”. **REVISTA ALCONPAT**, São Paulo, 31 jan. 2018. Disponível em: <<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/256>>. Acesso em: jun. 2018.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini: 1992.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. 1. ed. (4. tiragem) São Paulo: Pini, 1986 (tiragem 1999).

HERANI, Thais da Silva A.G. **Patologias e tratamentos estruturais no metrô de São Paulo**. Monografia, especialista em Construção Civil – Escola de Engenharia. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2012. 73p.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

MARQUES, M. E., **Revestimento anticorrosivo**. Químico Funcionalização de superfícies para construção de nanossensores tridimensionais projetados, 2015. 360 p.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Civil – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013. 107f.

SCHEIDERGGER, G.M.; CALENZANI, C.L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo. Março 2019. 3 Ed. Vol. 5, p. 68 – 92.

SILVA, P.A.P; JONOV, C.M.P. Patologia das construções, erros na concepção de projeto. **Curso de especialização em Construção Civil, UFMG – Área: Sustentabilidade e gestão do ambiente construído**. Agosto, 2019. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>. Acesso em: março, 2020.

SILVA, Aguinaldo Salomão. **A prática pedagógica da educação ambiental: um estudo de caso sobre o Colégio Militar de Brasília.** 2008. 112 f., il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SOARES, A.P.F. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de graduação ciências exatas e tecnológicas.** Maceió. Novembro 2015. p. 178 – 188.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.