



IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM RESERVATÓRIOS DE CONCRETO ARMADO EM JUAZEIRO/BA

COSTA, Naiara G. (1); MAIA, David Alan S. (2); BARBOSA, Anderson H.
Engenheiro Civil, naiaracosta_civil@hotmail.com; david.maia30@hotmail.com; Professor Colegiado Engenharia Civil - UNIVASF, anderhb80@gmail.com

RESUMO

Nos reservatórios estruturados de concreto armado, entre as manifestações patológicas mais incidentes estão presentes a corrosão das armaduras, fissuras e trincas em qualquer parte como na laje de cobertura ou de fundo, infiltrações e deterioração do concreto por carbonatação ou presença de cloretos, entre outras substâncias. Estas também estão diretamente relacionadas à agressividade da localização e da idade, esta última agravada pela falta de manutenção. Este trabalho consiste na identificação e avaliação das manifestações patológicas apresentadas em reservatórios de água estruturados em concreto armado na cidade de Juazeiro, Bahia. A metodologia consistiu em, essencialmente, análises visuais *in loco* e fotográficas das patologias encontradas em cinco reservatórios localizados na cidade, dentro de sua zona urbana. Analisando os reservatórios, constatou-se a presença de fissuras, manchas e eflorescências, corrosão de armaduras, devido, muitas vezes, a carbonatação e/ou contaminação por cloretos. Além dessas, problemas de percolação de água, formação de estalactites, entre outros, também foram verificados. Essas patologias estão quase sempre relacionadas às falhas executivas, ao não atendimento dos projetos e a deficiência no sistema de manutenção periódica. Com estas observações, é possível destacar a falta de controle e manutenção preventiva para estas estruturas, o que acarreta, pelo estado encontrado, altos custos para reparo ou recuperação.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Reservatórios de água; Concreto armado.

ABSTRACT

In structured reinforced concrete water tanks, among the most incidental possible manifestations are the corrosion of reinforcements, fissures and cracks anywhere, as in the covering or bottom slab, infiltrations and deterioration of concrete by carbonation or presence of chlorides, among other substances. These are also directly related to the aggressiveness of location and age, the latter aggravated by lack of maintenance. This work consists of the identification and evaluation of the possible manifestations presented in water tanks structured in reinforced concrete in the city of Juazeiro, Bahia. The methodology consisted essentially of in situ and photographic visual analyzes of the pathologies found in five tanks located in the city within its urban zone. Analyzing the reservoirs, the presence of cracks, stains and efflorescences, corrosion of reinforcement, often due to carbonation and/or contamination by chlorides, was observed. Besides these, problems of percolation of water, formation of stalactites, among others, were also verified. These pathologies are almost always related to executive failures, failure to attend projects and deficiency in the periodic maintenance system. With these observations, it is possible to highlight the lack of control and preventive maintenance for these structures, which, by the state found, entails high costs for repair or recovery.

Keywords: Possible manifestations; Water tank; Reinforced concrete.

1 INTRODUÇÃO

A vida útil de uma construção dependerá e será relacionada aos cuidados que forem tomados na fase de projeto, execução e na sua manutenção. Além disso, a obra está submetida à ação de diversos agentes agressivos como calor, umidade, ação de ventos e sobrecargas que irão, com o passar do tempo, produzir sua fadiga e aparecimento de problemas em seus elementos construtivos.

Nos reservatórios estruturados de concreto armado, entre as manifestações

patológicas mais incidentes estão presentes a corrosão de armaduras, perda de estabilidade estrutural verificada a partir de movimentos dinâmicos, fissuras e trincas em qualquer parte como na laje de cobertura ou de fundo, infiltrações que são frequentes e deterioração do concreto por carbonatação ou presença de cloretos, entre outras substâncias (BORGES, 2008).

De acordo com Souza e Ripper (1998), patologia das estruturas é um novo campo da engenharia das construções que trata da origem, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de desagregação das estruturas.

Assim, este trabalho fará uma abordagem sobre as manifestações patologia nas estruturas de concreto armado detectada em alguns reservatórios de água na cidade de Juazeiro/BA, tendo em vista o estado de conservação em que se encontram e a necessidade de reparos.

2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO

Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água situados em pontos estratégicos do sistema de modo a garantir quantidade demandada de água, a adução com vazão e altura manométrica constantes, a utilização de diâmetros menores no sistema e melhores condições de pressão.

Os tipos mais comuns de reservatório de distribuição são os semienterrados e os elevados. Os elevados são projetados para garantir uma pressão mínima na rede sendo que as cotas do terreno não oferecem condições para que o mesmo seja apoiado ou semienterrado, isto é, necessita-se de uma cota piezométrica de montante superior à cota de apoio do reservatório no terreno local.

O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para Mehta e Monteiro (2014), nenhum material é propriamente durável, pois como resultado de interações ambientais, as suas propriedades mudam com o tempo, resultando no alcance de sua vida útil quando suas propriedades, sob determinadas condições de uso, não são mais capazes de resistir as condições e esforços solicitados. Para o concreto, este será durável e preservará sua forma, qualidade e capacidade de uso originais quando exposto ao ambiente de uso e esforços para o qual foi projetado.

Neste contexto, serão abordadas as principais patologias que podem surgir em concreto armado e relacionadas aos reservatórios de água.

2.1 Patologias de umidade

A umidade é um problema patológico que promove grande desconforto e degrada, na maioria das vezes, a construção sobre a qual incide, rapidamente. Esse fato deve-se ao comum desenvolvimento de outros tipos de manifestações patológicas atreladas à ocorrência da mesma (BORGES, 2008).

Martins e Jácome (2005) ressaltam que a umidade no processo de construção pode dar origem à ocorrência de anomalias generalizadas ou localizadas, devido à evaporação da água existente, ou simples fato de os materiais terem um teor

de água superior ao normal.

Verçoza (1991 apud Souza, 2008) reforça que umidade não é apenas uma causa de patologias, mas, que ela também age como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

2.2 Fissuras e trincas

Dentre as manifestações patológicas das estruturas de concreto, as trincas são de peculiar importância, podem indicar problemas relacionados ao revestimento, problema estrutural ou problemas de estanqueidade (HUSSEIN, 2013).

A evolução das trincas pode sugerir em alguns casos que há um problema mais sério nas fundações e que com o tempo pode comprometer a estabilidade da edificação, colocando em risco a segurança de seus usuários. Nessas condições, a correção do problema implica quase sempre soluções de custo elevado e desconforto para o usuário. Por esse motivo é indispensável que se faça da maneira correta logo na primeira vez, pois com certeza resultará em mais economia, menos risco e mais conforto (MARCELLI, 2007).

Souza e Ripper (1998) afirmam que a fissuração surge a partir da deficiência de projeto, contração plástica, assentamento do concreto e perda de aderência, movimentação de escoramento e/ou fôrmas, retração, deficiência de execução, reações expansivas, corrosão de armaduras, recalques diferenciais, variação de temperatura e ações aplicadas.

Bissa (2008) ressalta que as estruturas fissuradas são pontos preferenciais para a entrada de águas contaminadas por cloretos e instalação de um processo corrosivo na armadura.

2.3 Desagregação e perda de aderência

Para Souza e Ripper (1998), a perda de aderência entre o concreto e o aço ocorre por causa da corrosão do aço, com sua consequente expansão, da corrosão do concreto, em função da deterioração por dissolução dos agentes ligantes, do assentamento plástico do concreto, da dilatação ou retração excessiva das armaduras e da aplicação de preparados inibidores da corrosão nas barras de aço.

De acordo com Canovas (1988) a desagregação é um dos sintomas mais claros da existência de ataque químico. Esta quando incide no concreto, leva-o a perder seu caráter aglomerante deixando os agregados livres da união que lhes proporciona a formação da pasta. O problema patológico em questão pode advir da fissuração; da movimentação de fôrmas; corrosão do concreto; calcinação e ataque biológico.

2.4 Eflorescência e carbonatação

Martins e Jâcome (2005) afirmam que para ciência das edificações, o termo eflorescência significa a formação de depósitos salinos na superfície de alvenarias como resultado da exposição a intempéries. O fenômeno, no entanto, pode ocorrer em qualquer elemento da edificação. Normalmente, ela é

considerada como um dano, por alterar a aparência do elemento onde se deposita, assim como causar degradação profunda no caso dos sais constituintes serem bastante agressivos.

Quimicamente, a eflorescência é constituída principalmente de sais de materiais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) solúveis ou parcialmente solúveis em água. Pela ação da água da chuva ou da proveniente do solo, o elemento fica saturado e estes sais são dissolvidos.

Para Figueiredo et al. (2016), enquanto a eflorescência primária surge quando a água do processo de mistura do concreto emerge dos capilares, a eflorescência secundária é causada pela água externa que penetra na superfície do concreto.

A lixiviação do hidróxido de cálcio, com a consequente formação do carbonato de cálcio insolúvel, é responsável pelo aparecimento de eflorescência caracterizada por depósitos de cor branca na superfície do concreto. Algumas vezes, nota-se a formação de estalactites. Quando o processo de lixiviação é acentuado, o concreto vai se tornando poroso, tendo-se maiores espessuras de carbonato de cálcio (GENTIL, 1996).

Borges (2008) mostra que a carbonatação como um tipo de eflorescência é ocasionada mediante reação do gás carbônico (CO_2) com o hidróxido de cálcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, proveniente do processo de hidratação do óxido de cálcio presente em todo cimento. Há a deposição desse hidróxido, após ser carregado pela água através dos capilares, na superfície do concreto onde ocorre a reação que tem como produto o carbonato de cálcio (CaCO_3) constituinte da carbonatação.

2.5 Corrosão das armaduras

O concreto confere ao aço uma barreira física que o separa e o protege do meio ambiente, mas também confere a este uma elevada alcalinidade, que permite formar uma película fina de óxido de ferro na superfície do aço, chamada de camada de passivação, mantendo-o inalterado por um tempo indeterminado, desde que o concreto seja de boa qualidade, e que suas propriedades físico-químicas não se alterem devido às ações externas. A camada de passivação é criada pouco depois do início da hidratação do cimento, sendo constituída de Fe_2O_3 , e adere fortemente ao aço Ferreira (2000 apud CAVACO, 2008).

Para Agra et al. (2016), o aço dentro do concreto é protegido por uma região passivadora, que impede o processo corrosivo, mas quando se reduz o pH para níveis inferiores a 11,5 ou na presença de íons cloretos, dependendo da concentração, pode-se despassivar a armadura e iniciar o processo de corrosão (patologia mais preocupante). Esse mecanismo ocorre através de processo eletroquímico na transformação do ferro metálico em ferrugem ocasionando expansão volumétrica do metal promovendo a demolição do concreto invólucro.

Quando são modificadas as condições de serviço do concreto devido à influência da penetração de substâncias agressivas, a película de passivação é deteriorada e logo a corrosão das armaduras é iniciada. A corrosão produz óxidos expansivos que causam fissuras e destacamento da camada de cobertura, devido ao aço ocupar um volume maior do que o aço inalterado, assim facilitando o ingresso de mais agentes agressivos.

3 METODOLOGIA

O objeto de estudo deste trabalho foram 5 reservatórios localizados na zona urbana de Juazeiro/BA. Os reservatórios avaliados neste trabalho e sua localização estão apresentados nas Figuras 1a a 1e.

- Reservatório 01 – Elevado, propriedade da 15ª Dires (Diretoria Regional de Saúde) e localizado na Tv. do Hospital Regional do Bairro Santo Antônio (Figura 1a).
- Reservatório 02 – Elevado, integrante do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) da cidade de Juazeiro-BA, localizado na rua Tito Nunes de Souza no Bairro Jardim Flórida (Figura 1b).
- Reservatórios 03 e 04, integrante do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) da cidade de Juazeiro-BA, localizados no DISF (Distrito Industrial do São Francisco) na BA-210. Sendo, respectivamente, um elevado e o outro semi-enterrado (Figuras 1c e 1d).
- Reservatório 05 - Elevado e desativado, localizado na Av. Chery Knoury no Bairro João Paulo II (Figura 1e).

As estruturas analisadas são relativamente antigas, com idade superior a 15 anos, não se podendo precisar esta com exatidão.

Para as avaliações aqui realizadas foram registradas, por meio de visitas *in loco*, as patologias detectadas e registradas por meio de fotografias para posterior análise e avaliação geral do estado de conservação dos reservatórios. Buscou-se entender com isso as principais causas e a influência destas patologias na estrutura e sua segurança e no desempenho.

Figura 1 – Reservatórios avaliados no trabalho.



(a) Reservatório 01.



(b) Reservatório 02.



(c) Reservatório 03.



(d) Reservatório 04.



(e) Reservatório 05.
Fonte: Autores (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 2 e 18 podem ser observados de uma maneira geral as principais patologias encontradas nos reservatórios pesquisados, não se identificando em qual foi encontrada por esta se apresentar repetida nas unidades avaliadas.

Figura 2 – Manchas amareladas na laje de fundo, devido a lixiviação de produtos corrosivos e chuva.



Fonte: Autores (2016)

Figura 3 – Ocorrência de trincas devido à corrosão da armadura.



Fonte: Autores (2016)

Figura 4 – Trincas verticais na junção das paredes do reservatório devido a variação térmica e de umidade.



Fonte: Autores (2016)

Figura 5 – Esfoliação do concreto da laje de cobertura, expondo armaduras, e desgaste da impermeabilização das paredes internas.



Fonte: Autores (2016)

Figura 6 – Carbonatação e manchas escuras devido a percolação da água.



Fonte: Autores (2016)

Figura 7 – Corrosão das tubulações.



Fonte: Autores (2016)

Figura 8 – Lixiviação com formação de estalactites devido a deficiência da impermeabilização.



Fonte: Autores (2016)

Figura 9 – Carbonatação na junção dos premoldados.



Fonte: Autores (2016)

Figura 10 – Indício de infiltração.



Fonte: Autores (2016)

Figura 11 – Trincas na face superior da laje de tampa do reservatório.



Fonte: Autores (2016)

Figura 12 – Corrosão na tampa e desagregação do concreto na entrada do reservatório.



Fonte: Autores (2016)

Figura 13 – Impermeabilização deficiente.



Fonte: Autores (2016)

Figura 14 – Trincas na laje da tampa do reservatório semi-enterrado.



Fonte: Autores (2016)

Figura 15 – Afundamento da laje da tampa do reservatório.



Fonte: Autores (2016)

Figura 16 – Deslocamento da laje superior na fase interna do reservatório e corrosão acentuada das armaduras.



Fonte: Autores (2016)

Figura 17 – Fissuras nos pilares e desagregação do concreto.



Fonte: Autores (2016)

Figura 18 – Desagregação e armadura aparente nos pilares.



Fonte: Autores (2016)

Por meio das visitas *in loco* para avaliação dos reservatórios, foram diagnosticadas várias patologias, muitas delas decorrentes de falhas na execução ou de manutenção ineficiente.

Vale salientar que materiais de baixa qualidade utilizado na execução, o clima quente da região, que proporciona uma evaporação rápida no processo de cura do concreto aumentando o surgimento de poros, e o próprio contato direto com a água são agravantes no desencadeamento de patologias. Além disso, a idade destas estruturas, superior a 15 anos, sem a devida manutenção corretiva/preventiva contribui sobremaneira para o surgimento das falhas encontradas.

Mediante os resultados das vistorias, pôde-se comprovar que todos os reservatórios analisados foram diagnosticados com problemas de fissuração e/ou trincas e de corrosão, conseqüentemente apresentaram processo de desagregação do concreto, exceto o reservatório 02. Além disso, o surgimento de manchas escuras, devido a ação de chuvas, poluição da área urbana e a ausência de pingadeira para o escoamento da água, só não incidiu no reservatório 04, bem como as manifestações de carbonatação. As manchas amareladas devido a lixiviação na presença de produtos de oxidação foram detectadas nos reservatórios 01 e 05; a formação de estalactites nos reservatórios 03 e 05; impermeabilização deficiente pela falha de um sistema periódico de manutenção nos reservatórios 01 e 03; e por fim, vazamentos foram vistos apenas no reservatório 02.

5 CONCLUSÕES

De posse das avaliações realizadas, pode-se concluir:

- Houve a constatação de que as estruturas avaliadas apresentam estado acelerado de deterioração, prejudicando sua estanqueidade, e necessitando de manutenção da impermeabilização evita o aparecimento de diversas patologias, como eflorescência e corrosão das armaduras.
- Faz-se necessário vistorias periódicas nas estruturas dos reservatórios, devido ao contato com a água. Porém, o acesso para inspeção, principalmente nos elevados, tornou-se inviável pela falta de segurança,

onde degraus são muito antigos, podendo estar soltos, não havendo guarda – corpo e patamares em alguns casos, dificultando a subida para vistoriar o interior do reservatório.

- No interior dos reservatórios, destaque deve ser dado ao problema da falha de impermeabilização e da corrosão das armaduras da tampa, esta última necessitando de correções de forma urgente para não comprometer o reservatório e sua estabilidade.
- Assim, para a estrutura atingir a durabilidade desejada, na fase de projeto e execução deve-se perceber a especificação correta do cobrimento da armadura, a utilização de materiais de boa qualidade, a cura realizada de acordo com as recomendações técnicas e a utilização de relação água/cimento baixa, além da utilização de medidas preventivas para minimizar as manifestações patológicas, devendo ser sempre estimulada esta prática.

REFERÊNCIAS

- AGRA, T. M. S.; MONTEIRO, E. B.; ALCÂNTARA, P. S. X.; LIMA, N. M. V.; BURLE, E. C. L. S. **Manifestações patológicas em reservatório de Concreto armado por movimentação térmica dos elementos estruturais**. Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural – SEMIPAR, UPE, Recife – PE, 2016.
- BISSA, R. C. R. B. **Sistema de impermeabilização e proteção de estruturas de concreto de reservatórios de água tratada atacados por cloretos**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BORGES, M. G. **Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Feira de Santana, 2008.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo, PINI, 1988.
- CAVACO, J. R. Z.. **Patologias nas estruturas de concreto armado**. 2008. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2008.
- FIGUEIREDO, A.; COSTA, V.; PEDROZA, T.; SOUZA, L.; SILVA, D. **Considerações sobre a água como agente causador das manifestações patológicas em estruturas de concreto**. Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural – SEMIPAR, UPE, Recife – PE, 2016.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- MARCELLI, M. **Sinistro na Construção Civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.
- MARTINS, J. G.; JÂCOME, C. C. **Identificação e tratamento de patologias em edifícios**. 1. ed. Portugal: 2005.
- MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON. 4a Edição, 2014.
- SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Editora Pini, São Paulo, 2008.