Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

CONTRIBUIÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO

L. M. BRITO
Acadêmica de Engenharia Civil
Centro Educacional Luterano de Palmas
Tocantins; Brasil
laramirandabrito@gmail.com

M.A. BELÉM
Acadêmica de Engenharia Civil
Centro Universitário Luterano de Palmas
Tocantins; Brasil
marcobelem18@gmail.com

D.C. PARENTE
Professor
Centro Educacional Luterano de Palmas
Tocantins; Brasil
denis@ceulp.edu.br

RESUMO

As construções apresentam características que visam atender a seus usuários oferecendo condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo às ações que alteram suas propriedades técnicas iniciais. Nesse contexto a presente pesquisa, através de inspeções visuais preliminares, verificou a incidência de manifestações patológicas em estações de tratamento de água. Como objetivo central, buscou-se diagnosticar as possíveis origens e causas das manifestações patológicas existentes na estação que abastece 60% da população de Palmas – TO, a ETA 06. Com este intuito, foram realizadas visitas à estação e de forma pormenorizada aos seus módulos a fim de se gerar um banco de dados para a caracterização dos problemas encontrados. Os resultados revelam a importância de se ressaltar que as estruturas analisadas, apesar de não terem atingido suas vidas úteis de projeto, apresentaram vários problemas, os quais irão demandar um elevado custo com reparos e recuperações.

Palavras-chave: concreto; patologia; estrutura.

ABSTRACT

The buildings have features designed to meet your users providing appropriate conditions for use intended, resisting actions that alter their initial technical properties. In this context the present research, through preliminary visual inspection, found the incidence of pathological manifestations in water treatment plants. As its central objective, we tried to diagnose the possible origins and causes of the existing conditions at the station which supplies 60% of the population of Palmas - TO, ETA 06. To this end, visits were made to the station and in detail its modules order to generate a database for the characterization of the problems encountered. The results reveal the importance of noting that the structures analyzed, despite not having reached their useful life project, presented several problems, which will require a high cost repairs and recovery.

Keywords: concrete; pathology; structure.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho procura contribuir com a identificação das manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado da Estação de Tratamento de Água do Sistema de produção Ribeirão Taquaruçu, Tocantins.
O tema selecionado fundamenta-se no aumento do número de estruturas de concreto armado com a presença de patologias, como resultado do envelhecimento precoce das construções existentes. Essas observações demonstram que

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

as exigências e recomendações existentes nas principais normas de projeto e execução de estruturas de concreto, até o final do século passado, eram insuficientes, conforme [1].
A engenharia civil está evoluindo seja com relação aos materiais empregados seja nas técnicas utilizadas para a construção e à medida que se passam os anos com a observação dos problemas encontrados a tecnologia e a inovação auxiliam na redução de problemas das obras [2].
No entanto, sabe-se que mesmo as estruturas bem projetadas e desenvolvidas podem apresentar manifestações patológicas. Assim, necessita-se nestes casos trabalhos de recuperação ou de reforço da estrutura, uma vez que o conhecimento dos procedimentos e das técnicas a serem adotados é imprescindível para que a estrutura tenha realmente a sua capacidade original restaurada [3].
Esse trabalho justifica-se pela importância da durabilidade das estruturas de concreto que já devem ser levadas em consideração na fase inicial do projeto construtivo para minimizar seus efeitos.
Neste contexto, busca-se aqui identificar as principais manifestações patológicas apresentadas na estrutura da estação de tratamento de água responsável pelo abastecimento de 60% da população de Palmas – TO (ETA 06), avaliando as possíveis causas de aparecimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi baseada no modelo de estudo de caso com a finalidade de identificar as manifestações patológicas numa Estação de Tratamento de água na cidade de Palmas de forma qualitativa, interpretando os dados obtidos nas vistorias.
As informações foram obtidas de duas formas: visita ao local e da estrutura executada.
Na vistoria do local considerou-se a coleta de dados através de um levantamento fotográfico das manifestações patológicas presentes na estrutura, para a identificação das mesmas.
A coleta de dados fotográficos iniciou-se na captação da água bruta da estação, no sistema de gradeamento que se encontra no nível do manancial seguindo-se um sentido de caminhamento previamente estabelecido da captação até o último processo, a filtração. Os módulos seguintes, canal medidor de vazão de entrada no sistema de coagulação, câmara de floculação, tanque de sedimentação e por fim os filtros.
Finalizada a inspeção interna do sistema, começou-se o exame do seu exterior tomando cada elevação no mesmo sentido da análise interna.
Para o controle do processo de identificação das manifestações patológicas foi utilizada a metodologia empregada por [4], seguindo a ordem de identificação de tais problemas:

2.1 Identificação do problema

•Que fatores são responsáveis pelo surgimento das manifestações patológicas na edificação citada?
Seja em termos de materiais, técnicas ou maneira de utilização da edificação.

•Quais os mecanismos de ocorrência dessas manifestações patológicas?
Para se entender como estes fenômenos surgem e evoluem.

•Quais as soluções possíveis?
Buscando-se, através do entendimento dos mecanismos de ocorrência, alternativas para solucionar os fenômenos encontrados.

2.2 Pesquisa bibliográfica

Ocorreu de forma paralela à identificação das manifestações patológicas buscando solucionar possíveis dúvidas e embasar a contribuição para o diagnóstico.

2.3 Estudo inicial

Realizou-se um estudo para a obtenção de resultados e foi feito um levantamento de dados com a utilização de fotografias das localizações e descrições.

2.4 Identificação das possíveis causas das manifestações patológicas

Consistiu na etapa do estudo onde se identificou os agentes causadores dos fenômenos patológicos. Embora não exista a distinção em bibliografia entre tais termos, destaca-se a importância de realizar tal distinção. O agente remoto caracteriza-se como aquela causa de um fenômeno patológico que por sua vez irá gerar outro, enquanto que o agente imediato é aquele responsável diretamente pelo surgimento de um fenômeno patológico. Nesta etapa além da identificação dos agentes, também se realizou a descrição dos mecanismos de ocorrência de cada fenômeno.

2.5 Elaboração de resultados e conclusões

Na etapa final analisou-se a situação e definiu-se as possíveis causas das manifestações patológicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Módulo de Captação

O sistema de captação da ETA em estudo compreende um conjunto de canais executados em concreto armado e comportas em aço e fibra de vidro operando sempre afogado, ou seja, no nível do manancial que abastece a estação.
Localizada à margem direita do Córrego Taquaruçu em área fora do perímetro urbano o sistema de captação está inserido em um ambiente pouco agressivo conforme classificação atribuída pela NBR 6118, tabela 1, pela própria localização e por estar em contato apenas com água bruta.

Tabela 13. Classes de agressividade ambiental. (Fonte: NBR 6118, 2014)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana[1), 2)]	Pequeno
III	Forte	Marinha[1)]	Grande
		Industrial[1), 2)]	
IV	Muito forte	Industrial [1), 3)]	Elevado
		Respingos de maré	

[1)] Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

[2)] Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

[3)] Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

As manifestações patológicas encontradas nos canais de captação estão relacionadas ao referido contato com água. O ambiente úmido e sombreado favorece o aparecimento de manchas de mofo e bolores, ascenção de raízes e desgaste por abrasão nos canais, conforme é apresentado nas Figuras 1 e 2.



Figura 1: Superfície de concreto do sistema de captação com manchas de mofo e bolor. (Fonte: Autor, 2015)



Figura 2: Gradeamento da estação com sinais de abrasão em canal. . (Fonte: Autor, 2015)

De acordo com [5] as recomendações curativas quanto a bolores são: (1) Executar a limpeza das superfícies contaminadas; (2) Empregar soluções fungicidas; (3) Utilizar durante o reparo materiais de construção mais resistentes ao bolor, como os materiais fungicidas.

A recuperação de elementos desgastados pela erosão, conforme a Norma do DNIT (2006) determina que, não havendo contaminação do concreto, pode, após uma limpeza com jatos de areia e água, ser efetuada com concreto projetado de

boa resistência à erosão: alta dureza, baixa relação água/cimento e resistência à compressão, aos vinte e oito dias (DNIT, 2006).

3.2 Módulo de tratamento (floculadores e decantadores):

A água captada, após processo de gradeamento e desarenação é bombeada e medida antes das próximas etapas do tratamento. Nessa fase a água recebe as soluções diluídas de cloreto férrico e leite de cal, substâncias que favorecem a floculação e precipitação dos sólidos suspensos ainda presentes na água captada. Esse processo acontece em câmaras de coagulação e floculação construídas em concreto.
Até sua chega às câmaras mencionadas, a água recebe uma carga de produtos químicos coagulantes, também mencionados no parágrafo anterior, em uma área de turbulência que favorece a mistura pretendida. Esse processo acontece em canais mais estreitos de muita turbulência, onde o concreto está sujeito aos efeitos de abrasão, conforme pode ser verificado na figura 3.



Figura 3: Canal de lançamento e mistura de produto químico coagulante. (Fonte: Autor, 2015)

As estruturas supracitadas, da estação em estudo, foram construídas acima do nível do terreno, ou seja, as superfícies das peças em concreto estão fora do alcance do terreno natural, o que facilitou a identificação de manifestações patológicas nas faces opostas a pressão hidrostática exercida nas lajes e paredes armadas.
As Figuras 4 e 5 nos mostram estalactites formadas pelo processo de lixiviação de alguns sais de hidratação do cimento utilizado na obra. O principal deles é o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) solúvel em água pura que é lavado e acumulado na superfície das peças, caracterizando um tipo de patologia bastante comum em estruturas submetidas à pressões positivas de laminas d'água, as chamadas eflorescências ou florescências.
O concreto se torna mais poroso, leve e mais suscetível ao ataque de substâncias deletérias, como os cloretos dissolvidos na água ainda em processo de tratamento [7].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4: Estalactite formada por lixiviação de sal de hidratação do concreto endurecido em laje de fundo do decantador. (Fonte: Autor, 2015)

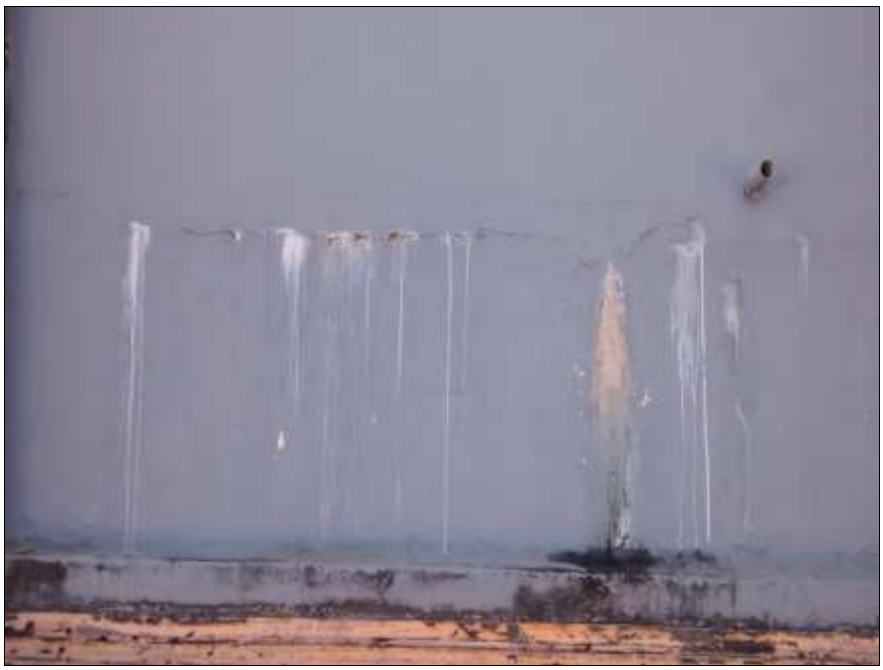

Figura 5: Eflorescência em junta de concretagem da parede do floculador. (Fonte: Autor, 2015)

Segundo [8] a lixiviação do concreto ocorre quando entram em contato com água doce, ácidos, sais, graxas e óleos. Na água doce, há o ataque ao concreto na sua camada superficial, quanto mais baixa, for quantidade de carbonato ácido de cálcio e de magnésio, maior a sua dissolução, menos dura é a água. A maioria dos ácidos ataca o cimento do concreto, no curso da reação água/ácidos ocasiona a formação de sais de cálcio, sendo este muito pouco solúvel atacando o concreto de uma forma lenta.

O fato de se ter um concreto lixiviado, ou seja, que teve alguns sais de hidratação retirados das peças sólidas acarreta o surgimento em cadeia de outras manifestações patológicas . O concreto se torna mais poroso, leve e mais suscetível ao ataque de substâncias deletérias, como os cloretos dissolvidos na água ainda em processo de tratamento [7].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O íons cloreto dissolvidos, em razão da grande porosidade adquirida, chegam até as armaduras e inicia-se o processo de oxidação. As armaduras oxidadas aumentam seu volume gerando esforços internos que convergem para a fissuração e desplacamento do concreto, conforme se pôde observar nas Figuras 6 e 7.



Figura 6: Corrosão de armadura evoluindo para desplacamento de concreto em laje de câmara de floculação. . (Fonte: Autor, 2015)

A câmara de decantação apresenta-se com eflorescências e manchas de bolor na parede Figura 6. As principais causas do bolor podem ser o término de vida útil da impermeabilização, a má execução de impermeabilização ou o uso de material ou métodos de baixa qualidade durante a execução da obra.



Figura 7: Eflorescências e manchas de bolor em parede da câmara de decantação. . (Fonte: Autor, 2015)

A NBR 6118 determina que as fissurações não devem exceder os valores na ordem de 0,2 mm a 0,4 mm que sob a ação das combinações frequentes não apresentam importância significativa na corrosão de armaduras passivas [9]. Além do

mais, se o concreto executado estiver com elevado fator água/cimento, pode provocar uma elevada porosidade do concreto e fissuras de retração.
A recuperação de grande parte das eflorescências pode ser feita através da remoção por processos simples, como: escovação com escova dura e seca, escovação com escova e água, leve jateamento d'água, leve jateamento de areia, além da aplicação de um novo revestimento (DNIT, 2006).

3.3 Reservação:

A reservação é composta por um reservatório único que recebe a água já filtrada, pronta para a última etapa de tratamento, antes de sua distribuição, a desinfecção feita com cloro e flúor. Desse reservatório a água é distribuída para 60% da população palmense, conforme dados fornecidos pela concessionária de abastecimento local Odebrecht/SANEATINS [5].
As manifestações patológicas identificadas no reservatório, a exemplo do que se pôde observar em outros módulos de tratamento sujeitos a pressão hidrostática, foram eflorescências e infiltrações em juntas de concretagem (juntas frias), conforme as Figuras 8 e 9.



Figura 8: Parede do reservatório com sinais de eflorescências e manchas de bolor. . (Fonte: Autor, 2015)

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 9: Fundo de reservatório com manchas de bolor, sinais de eflorescência e corrosão de armaduras.
(Fonte: Autor, 2015)

[10] revela que dentre as principais manifestações patológicas encontradas com maior frequência são a infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência, fato que foi confirmado nesse estudo, visto que essas patologias foram identificadas nas três regiões analisadas.
Os problemas causados pela degradação de estruturas e de seus materiais decorrem em grande parte de projetos inadequados, execuções sem controle ou ainda pela falta de manutenção, deficiências comuns que resultam na recuperação dessas estruturas.

4. CONCLUSÃO

O diagnóstico da situação da estação de tratamento de água em estudo leva ao entendimento das manifestações patológicas em termos das múltiplas relações de causa e efeito que normalmente caracterizam a degradação das estruturas.
As mais freqüentes manifestações patológicas do concreto encontradas na estação de tratamento de água abordada neste trabalho foram desplacamentos, perda de massa por efeito abrasivo, excesso de juntas de concretagem (juntas frias), corrosão de armaduras e eflorescências.
É possível concluir que as manifestações identificadas são passíveis de correções, principalmente se houver um acompanhamento do engenheiro responsável para sanar manifestações patológicas decorrente de má execução do projeto ou ainda por falta de manutenção das estruturas.
A observação do quadro de manifestações patológicas identificadas proporciona o entendimento do conceito de durabilidade das estruturas, que para [3], está atrelado à combinação de fatores ambientais, como temperatura, umidade e agressividade do meio, às praticas de execução e escolha dos insumos utilizados.

5. REFERÊNCIAS

[1] Helene, P. *Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001*. Workshop sobre Durabilidade das Construções. Novembro. São José dos Campos, 2001.
[2] John, V. M. *et al. Durabilidade e sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira*. Workshop sobre Durabilidade das Construções. Novembro. São José dos Campos, 2001.
[3] Souza, V. C. de; Ripper, T.; *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. São Paulo: PINI, 1998. 255p. ; 28 cm.

[4] Krug, Lucas Fernando. *Manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930: um estudo de caso*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijui, 2006. 74 p, 2006.

[5] Santos, M. R. G. *"Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso"*. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2012. 122 p.

[6] Santos, M. R. G. *"Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso"*. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2012. 122 p.

[7] Helene, P. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto armado. São Paulo, PINI, 2000.

[8] Bauer, L. A. F. *Materiais de construção*. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 471p.

[9] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

[10] Miotto, D. *Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco*-PR. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas. Pato Branco – PR. 2010. 63p.

[11] FOZ/SANEATINS. Disponível em <http://www.fozsaneatins.com.br>. Acesso em 01 de maio de 2014.