ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ETE

PAULA, Carla Castro de[1], ANDRELLO, José Mario[2]

[1] Pires Giovanetti Guardia, Gerente Engenharia, Engenheira Civil, e-mail: carla@pires.com
[2] Petra Consultoria Técnica, Diretor, Engenheiro Civil, e-mail: contato@petraconsultoria.com.br

RESUMO

Neste trabalho será apresentado o estudo de caso sobre as manifestações patológicas encontradas em Estação de Tratamento de Efluente de ETE localizada no interior de São Paulo. Trata-se de uma estrutura de concreto armado que está em uso desde 2012 e já apresenta manifestações patológicas desde o início de sua operação.
Foram levantadas as manifestações patológicas bem como os tratamentos a serem executados para preservar as estruturas e manter a vida útil da mesma, pois com o seu pouco tempo de uso já apresenta problemas que devem ser reparados em um curto espaço de tempo, pois os efluentes de uma ETE são altamente agressivos a estrutura de concreto. Cabe ainda apresentar estudos anteriores em relação aos revestimentos a serem utilizados para esse tipo de estrutura, bem como o que deve ser evitado e porque, visto que no mercado não existe um conhecimento amplo sobre o assunto e muitas vezes as especificações são equivocadas para a proteção e impermeabilização de estruturas sujeitas a ação de gases.

Palavras chave: ETE, corrosão, proteção, impermeabilização, recuperação.

ABSTRACT

In this work, the case study on the pathological changes found in ETE Elfluente Treatment Plant located in São Paulo will be presented. It is a reinforced concrete structure that is in use since 2012 and already has pathological manifestations since the beginning of its operation. Pathological manifestations and treatments to be performed to preserve the structures and maintain the life of the battery , because the effluent were raised , because with their short time of use already presents problems that must be repaired in a short time one ETE are highly aggressive to concrete structure. It also submit previous studies in relation to coatings to be used for ese type of structure , as well as what debe be avoided and why , as the market there is a wide knowledge on the subject and often the specifications are misleading for protection and waterproofing of structures subjected to the action of gases.

Keywords: ETE, corrosion protection, waterproofing, restoration.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho possui como temática principal o estudo de caso de manifestações patológicas encontradas em ETE com pouco tempo de uso. Conforme será visto ao longo do trabalho será possível verificar a necessidade de aplicação de revestimentos de proteção em estruturas que sofrem ataques químicos por ação de gases sulfúricos biogênicos e ácido sulfúrico, em estruturas de concreto destinadas a utilização de obras hidráulicas que tem por finalidade o tratamento de esgoto e resíduos agressivos.

O concreto ainda é considerado um material durável, porém para manter essa característica este deve passar por um processo de manutenção preventiva e corretiva constante. Os sistemas de proteção devem estar relacionados com o uso da estrutura, ou seja, devem ser planejados já na sua fase de concepção. Caso isso não ocorra, em alguns casos a manutenção corretiva pode ficar muito onerosa ou, ainda, o processo de degradação pode ser maximizado e, como consequência, provocar considerável redução da vida útil da estrutura, podendo culminar, inclusive, em risco a sua estabilidade. Dependendo do porte da estrutura de concreto envolvida, é necessário investir em todos os seguimentos, principalmente nos itens que afetarão sua durabilidade e confiabilidade.

Outro problema encontrado em estruturas de concreto são os mecanismos de penetração de agentes agressivos em sua estrutura. Quanto mais eficiente for o mecanismo de penetração maior será a agressividade imposta à estrutura. Essa agressão pode ocorrer através de concretos porosos, com alto índice de fissuração, permeabilidade, absorção capilar entre outros.

As estações de tratamento de esgoto, especialmente, são o exemplo mais ilustrativo do ataque de agentes agressivos, tendo em vista, que grande parte destas é executada em concreto armado e permanecem em constante contato com águas consideravelmente sulfurosas.

É verdade, contudo, que inúmeras estruturas de águas servidas não foram construídas segundo a filosofia preventiva, acarretando em elementos altamente afetados pela ação dos sulfatos. Por esta razão, metodologias de intervenção corretiva e técnicas de reparos e reconstituição superficial do concreto ainda são muito almejadas pelas empresas de saneamento, tendo em vista não apenas o aspecto da onerosidade, mas a impossibilidade virtual de paralisação dos serviços para a renovação de seus ativos.

No presente trabalho, apresenta-se uma estrutura em uso a partir de agosto de 2012 que já mostra graves manifestações patológicas, onde na sua concepção não foram realizado os tratamentos necessários para a preservação da mesma. Além disso, será possível verificar que

além da falta de proteção a estrutura apresenta ainda manifestações patológicas devido à deficiência dos processos construtivos.

2. ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA ETE

O presente trabalho tem a finalidade de verificar a inspeção em ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) com pouco tempo de uso que já apresenta manifestações patológicas devido à falta de proteção da estrutura e de algumas falhas de construção.

Quando se fala em estrutura para tratamento de efluentes, todos os cuidados devem ser previstos, pois a variação de materiais e agentes contaminantes serão diversas e os mecanismos de contaminação podem ser de várias vertentes e provocar as mais diversas consequências.

Abaixo citaremos as formas de ocorrência e as manifestações patológicas que podem surgir na estrutura de concreto.

2.1 Mecanismos de Ocorrência para degradação do concreto

Conforme citado anteriormente, são muitas as ocorrências que podem provocar a degradação do concreto, em se tratando de uma ETE, temos ainda o agravante que os elementos utilizados pela mesma, provocam um ataque ainda maior e mais agressivo as estruturas, segundo Maia (2007) alguns mecanismos de degradação do concreto no interior das Estações de Tratamento de Esgoto, dentre eles:

Lixiviação por ataque ácido: geralmente ocorre devido ao ataque ácido oriundo da oxidação do ácido sulfídrico, subproduto da digestão anaeróbia, gerando o ácido sulfúrico biogênico, de baixíssimo pH que age nos compostos hidratados da pasta de cimento, dissolvendo e carreando este material;

Lixiviação por atrito: pela grande quantidade de sólidos totais presentes no esgoto, o atrito gerado pelo fluxo de esgoto contra a estrutura de concreto pode gerar por força mecânica a desagregação de finos que serão carreados.

Expansão por ataque de sulfetos: em presença de água e alta concentração de sulfetos provenientes do enxofre, ocorre a ressolubilização da etringita primária que é carreada para os poros do concreto onde reagem novamente com hidróxido de cálcio e formam a etringita secundária que é altamente expansiva, formando tensões internas que podem por vez ultrapassar a resistência à tração do concreto, rompendo-o e formando fissuras.

Em relação às armaduras:

Despassivação por carbonatação: o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) é um subproduto da reação de hidratação do cimento que tem alta alcalinidade com pH em torno de 13. Esta alcalinidade é saudável para a armadura, pois protege a mesma contra a corrosão formando um filme protetor. Devido à presença de fissuras ou mesmo capilares, com o passar dos anos, o CO_2 avança na chamada frente de carbonatação que é caracterizada pela reação do CO_2 com o hidróxido de cálcio, gerando $CaCO_3$, ou carbonato de cálcio, que tem pH menos alcalino, em torno de 10. Se esta reação ocorre próxima a região de interface concreto armadura, a mesma perde a camada protetora e fica sujeita a despassivação. É válido mencionar que a despassivação só ocorre com a presença de oxigênio e umidade, geralmente em torno de 60% a 90% de umidade.

Despassivação por elevador teor de íon Cloro: a penetração de cloretos pode ocorrer por difusão iônica, impregnação, absorção capilar, fissuras e trincas ou até mesmo ser incorporado na massa do concreto com a utilização inadequada de aditivos aceleradores de pega com alto teor de cloretos. O cloreto em determinada concentração em relação a hidroxilas instala processos de despassivação pontuais na armadura, os chamados pytches e costumas ter velocidade de corrosão maior do que a carbonatação.

A seguir citaremos as manifestações patológicas encontradas na inspeção da estrutura, de acordo com o que foi citado anteriormente.

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

De acordo com vistoria realizada na estrutura foram encontradas as manifestações patológicas descritas abaixo:

3.1 Falta de Impermeabilização e Proteção das Estruturas.

Conforme vistoria realizada foi verificada que a ausência de impermeabilização conforme foto 1, permitiu a passagem do efluente pelas fissuras, causando carbonatação na estrutura e consequentemente provocando o processo de corrosão e dispassivação da armadura.

Esses elemnetos devem ser tratados para que posteriormente não corra falha nos elementos estruturais, ou seja, possa comprometer a vida útil e desempenho da mesma.



Foto 1 – ausência de impermeabilização da estrutura de concreto

3.2 Biodegradação das Estruturas e Revestimentos.

De acordo com os levantamentos na obra, existe o surgimento de vegetação, fungos, bolor e limo, o que provoca a baixa do pH do concreto. Essa formação produz sub produtos de base ácida que acelera a deterioração da estrutura, conforme figura 2.

Esse fenômeno envolve bactérias heterotróficas chamadas de Thiobacillus que são bactérias nitrificantes e bactérias redutoras de sulfato chamadas de cianobactérias, e também fungos filamentosos. O crescimento de bactérias pode formar um biofilme capaz de gerar uma micro região anaeróbia, na qual as bactérias redutoras de sulfato (BRS) anaeróbias estritas, podem crescer produzindo gás sulfídrico durante a redução do sulfato presente no meio. O Thiobacillus ao utilizar o gás sulfídrico gerado pelas BRS produz o ácido sulfúrico que é corrosivo ao concreto das estruturas, sendo que o gás sulfídrico é corrosivo para o aço e para o concreto das estruturas. Este mecanismo envolvendo diferentes gêneros de microorganismos mostra a complexidade do fenômeno de biodeterioração do concreto, que está associado às condições ambientais específicas de cada estrutura. Esse fenômeno da biodeterioração pode ocorrer em qualquer tipo de estrutura e revestimento desde que hajam as condições propícias para isso, as quais são, água, nutrientes, temperatura adequada e tempo. Essa patologia no entanto pode ser evitada simplesmente com manutenções rotineiras de limpeza e conservação do sistema de impermeabilização e proteção do concreto.



Foto 2 – Formação de bolor em estruturas de concreto

3.3 Falta de Proteção Mecânica e Química para as Estruturas.

Alguns elementos para o bom funcionamento da ETE apresentam agressões mecânicas e químicas, logo esses elementos devem receber uma proteção, visando a sua atuação com os demais elementos, conforme foto 3.

O fato de não terem sido executadas proteções às estruturas de concerto armado que evitassem a sua deterioração prematura, por agressão mecânica de impactos e abrasões (como as das rodas dos rapadores de lodo dos decantadores), assim como não o protegesse da ação abrasiva do efluente (que carrega material solido), e da agressão química do efluente e dos produtos químicos utilizados em seu tratamento, foram também motivos que contribuíram com a evolução rápida das patologias, como as que encontramos nas áreas inspecionadas da ETE.



Foto 3 – Deterioração por impacto nas estruturas de concreto

3.4 Concreto Segregado

Pode se verificar em vários locais falhas do adensamento do concreto utilizado nas concretagens, o qual não teve talvez a plasticidade necessária para envolver a armadura, ou não foi corretamente lançado e adensado, deixando espaços vazios; pode se notar a falta de cobrimento das armaduras em pontos e regiões onde essas ficaram encostadas sobre as formas. Todos esses fatos combinados deixaram o concreto e o aço vulneráveis aos agentes agressivos que entram pelas falhas e ninhos e provocaram sua deterioração, como por exemplo, a água, o efluente e seus vapores, o cloro, o oxigênio e as umidades combinados com fungos e bolores e demais gases atmosféricos como o CO2 e o CO, conforme foto 4.

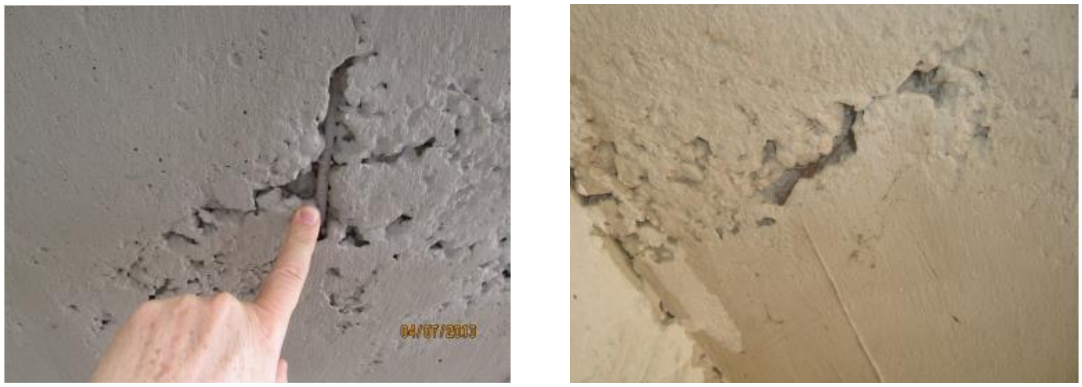

Foto 4 – Segregação da estrutura de concreto

3.5 Falta de Cobrimento das Armaduras

É uma falha construtiva das armaduras e/ou formas, somadas à falhas de concretagem, que como comentamos acima, deixaram o concreto e o aço vulneráveis aos agentes agressivos que provocaram sua deterioração.

3.6 Lixiviação do Concreto

O processo de lixiviação do concreto e argamassas é provocado pela presença constante da água que os agride, e tem como conseqüência a retirada do seu interior do carbonato de cálcio, o que faz com que a alcalinidade do substrato baixe para níveis inferiores a 10, deixando o ambiente propício para que as armaduras entrem no processo de deterioração e corrosão, conforme foto 5.



Foto 5 – Lixiviação encontrada nas estruturas de concreto

3.7 Corrosão das Armaduras.

A corrosão das armaduras como as encontradas em alguns locais é motivo de preocupação, pois esse é um processo de corrosão contínuo onde a estrutura perde à longo prazo a capacidade de suportar cargas, uma vez que essas armaduras podem ser totalmente deterioradas e seccionadas, conforme foto 6.



Foto 6 – Oxidação de armadura

3.8 Fissuramentos e Trincas.

Encontramos essa patologia por toda a estrutura da ETE, e podemos identificá-las, algumas como estáticas e outras como dinâmicas. As fissuras de retração têm comportamento estático e são de pequenas dimensões e podem ter até 0,4 mm de espessura e são originarias da época em que o concreto foi confeccionado, lançado e curado; as encontramos de maneira geral em todo o substrato de concreto estando distribuídas aleatoriamente; em sua maioria estão colmatadas pela carbonatação e não apresentam vazamentos constantes de águas.

As fissuras dinâmicas ocorrem e se apresentam por deformação estrutural, podem evoluir para trincas e por sua vez para rachaduras pela deformação constante da estrutura e pela ação corrosiva da água e seus gases, vapores e produtos químicos nela presentes; as trincas têm maiores dimensões entre 0,5mm e 1,5mm, nessas ocorrem vazamentos de água que se originaram provavelmente a partir do uso e operação dos reservatórios com cargas dinâmicas de trabalho. Geralmente essas fissuras apresentam-se em sua maioria na posição vertical e algumas inclinadas, “indicando” o sentido do esforço causado na estrutura; no caso desses reservatórios, podemos encontrar as fissura dinâmicas posicionadas nas juntas de concretagens, como se vê nas que foram reparadas e que voltaram a fissurar e vazar, conforme foto 7.



Foto 7 – Fissuras com infiltração.

3.9 Juntas Frias de Concretagens.

As juntas frias de concretagens apresentam-se horizontais entre as etapas de concretagens dos reservatórios sendo que nesses locais há vazamentos de águas provocados por prováveis falhas de adensamento e segregações do concreto; em várias dessas juntas não há vazamentos pois encontram-se colmatadas por carbonatos de cálcio depositados pela lixiviação, conforme foto 8.



Foto 8 – Juntas de Concretagem

Na sequência indicaremos alguns procedimentos sugeridos para o tratamento das manifestações patológicas encontradas e alguns procedimentos para a proteção da estrutura e sua preservação ao longo do tempo.

4. PROCEDIMENTOS SUGERIDOS DE RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURA

De acordo com o que foi exposto acima, seguem sugestões de tratamento para as áreas que já apresentam manifestações patológicas e em algumas áreas de forma preventiva a sua manutenção.

4.1 Recuperação Estrutural

Em áreas em que foram constatadas o processo inicial de recuperação estrutural, ou seja, segregação do concreto e armadura exposta será executado o processo de acordo com o descrito:

- As áreas com exposição de armadura e segregação de concreto devem ser demarcadas para posterior início das atividades;

- Após a demarcação será realizada a escarificação da estrutura, ou seja, o concreto será removido até encontrar armadura sã, ou seja, que não apresente processo de corrosão. A remoção do concreto deve ser feita atrás da armadura;

- Após a execução da escarificação será realizada a limpeza da armadura e posterior aplicação de inibidor de corrosão base cimentícia;

- Após a aplicação da proteção da armadura será utilizado o fechamento da área com argamassa polimérica cimentícia monocomponente que apresenta fibras em sua composição que combatem o fissuramento.

4.2 Tratamento de fissuras

Para o tratamento de fissuras com a presença de umidade será utilizado o sistema de injeção de resinas de poliuretano.

Quando ocorrer fluxo de água, inicialmente deve-se utilizar espuma de poliuretano para conter o fluxo de água inicial, porém esse sistema não é o selamento definitivo, para o processo definitivo deve ser utilizado o gel de poliuretano.

4.3 Impermeabilização de áreas expostas à ação abrasiva de água

Para as canaletas de condução de efluente, após a execução da recuperação estrutural deverá ser aplicado revestimento base argamassa polimérica de impermeabilização e proteção anticorrosiva na espessura de 10mm, esse material tem a finalidade de proteger a estrutura de agentes externos e da ação abrasiva da água na estrutura.

4.4 Impermeabilização interna dos reservatórios de água

Para os reservatórios de água deverá ser utilizado material cristalizante, que tem a finalidade de preencher os vazios do concreto e colmatar fissuras até 0,4mm.

Durante a execução dessa atividade deveremos respeitar algumas etapas para o bom funcionamento do sistema. Inicialmente a estrutura deve passar por uma preparação de superfície, que consiste na sua limpeza e remoção de matérias soltos e fechados de possíveis bicheiras na estrutura.

Após a execução da preparação da superfície serão aplicados os materiais que compõem o sistema de impermeabilização.

4.5 Proteção da área de gás e ataque químico

Nas regiões de gás e onde se apresenta ataque químico será necessário utilizar materiais com matriz fechada, ou seja, que não permitam a percolação dos agentes químicos no concreto e a troca de água com a estrutura.

Nesse caso devem-se utilizar materiais base epóxi ou poliuretano, pois os mesmos apresentam alta resistência química e protegem a estrutura principal do ataque químico.

4.6 Áreas de Solicitação Mecânica

Para as áreas que apresentam solicitações mecânicas, como o uso de rodas dos raspadores de lodo, deve ser utilizado a aplicação de revestimento cimentício com alta resistência mecânica a abrasão.

Essa intervenção será necessária para evitar que o processo mecânico da atividade envolvida provoque o desgaste da superfície, exposição dos agregados e posterior penetração de agentes agressivos a estrutura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o exposto ao longo do trabalho, podemos verificar a importância da execução de sistemas de impermeabilização e proteção das estruturas de concreto.

As estruturas de concreto por muito tempo foram consideradas elementos de alta resistência, porém a mesma está sujeita a ação de intempéries e de agentes agressivos.

Com todas as interferências e ações externas a sua vida útil pode ficar seriamente comprometida.

Os procedimentos citados acima devem passar por manutenções constantes, visto que os mesmos sofrem desgaste com a ação do tempo.

Ainda é preciso verificar que os elementos devem respeitar as boas técnicas de construção, dessa forma muitas manifestações patológicas podem ser evitadas, como bicheiras, falta de cobrimento de armadura, fissuras e problemas com juntas de concretagem.

As manutenções sempre serão necessárias para preservar o bom desempenho da estrutura, sempre respeitando os fins para a qual foi projetada.

6. REFERÊNCIAS

PIRES & GIOVANETTI GUARDIA. Recuperação de Estruturas. Disponível em: <http:// www.pires.com/ >. Acesso em: 03 abr. 2012

ALMEIDA JUNIOR, W. Sistema de injeção para estancamento de infiltrações para obras hidráulicas, VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Belo Horizonte, CBDB, 2008.

ALMEIDA JUNIOR, W.; TAKAGI, E. M. Injeções flexíveis para selamento definitivo das infiltrações das estruturas de concreto das usinas hidrelétricas, XXVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Goiânia, CBDB, 2005.

TAKAGI, E. M.; KUPERMAN, S. C. Tecnologia de injeções em concreto: estado de arte e aplicações. São Paulo, 2006

ELETROBRÁS – "Diretrizes de Projetos para PCH's".

MOURÃO, D. K. – INJEÇÃO DE RESINAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Belo Horizonte, 2010

IBRACON – "Concreto: Ciência e Tecnologia". Volume II

IBRACON – "Materiais de Construção Civil". Volume II

ANDRIELLO, JOSÉ MARIO - PETRA CONSULTORIA – Laudo de Inspeção