Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PROVOCADAS PELO CLORO EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA

L. F. XAVIER
Engenheiro Civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
r.alves104510@hotmail.com

F.C. LOURENÇO
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
fabiocarneiro14@hotmail.com

R. A. BERENGUER
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
templarios_pm@hotmail.com

P. F. S. CHAVES
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
prychaves@hotmail.com

E. C. B. MONTEIRO
Drª. Professora
Universidade Católica de Pernambuco e
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
eliana@poli.br

RESUMO

O concreto armado tem sua utilização amplamente difundida em todo o mundo, haja vista sua versatilidade, emprego de materiais conhecidos há bastante tempo, elevada resistência mecânica possível de ser atingida, entre muitas outras vantagens. Por outro lado, o surgimento crescente de manifestações patológicas no concreto armado vem ampliando a cada dia dentro da engenharia civil, há necessidade do conhecimento dos mecanismos destas manifestações e da avaliação dos danos causados nas estruturas, bem como a busca de alternativas que minimizem o surgimento das mesmas, fornecendo a correção, caso a manifestação ja esteja instalada, ou a prevenção. Esta pesquisa avalia as manifestações patológicas provocadas pelo cloro em três grandes reservatórios de distribuição de água tratada. Para tanto, utiliza-se de metodologia qualitativa, efetuando-se a revisão literária a respeito dos fatores que levam à ocorrência da manifestação patológica avaliada (corrosão de armaduras), ampliada potencialmente no ambiente em questão pela elevada concentração de cloro, umidade em abundância, alta temperatura, presença de oxigênio e elevada densidade de armaduras dentro da estrutura. O objetivo dessa pesquisa é uma avaliação do estado de conservação das estruturas dos reservatórios observados, bem como formular recomendações no sentido de impedir o avanço dos mecanismos patológicos destruidores das estruturas, com o intuito de prolongar a sua vida útil e garantir a segurança estrutural.

Palavras-chave: corrosão, reservatório, cloro.

ABSTRACT

Reinforced concrete has widespread use throughout the world, given its versatility, use of materials known for a long time, high mechanical strength can be achieved, among many other advantages. Moreover, the increasing appearance of pathological manifestations in concrete has been increasing every day in the civil engineering the need for knowledge of the mechanisms of these manifestations, the evaluation of undesirable damage caused in the structures, as well as search for alternatives that minimize the emergence these undesirable effects, or even make suggestions to enable correct manifestations already developed. This study evaluates the pathological manifestations caused by chlorine treated water in three broad distribution reservoirs. For this purpose, we use a qualitative methodology, making up a literature review regarding the factors leading to the occurrence of assessed pathological manifestation (corrosion of armor), potentially expanded in the environment concerned by the high concentration of chlorine, moisture in abundance, high temperature, presence of oxygen and high density of reinforcement within the structure. Is being sought as a result of this research an

evaluation of the condition of the structures observed reservoirs and to formulate recommendations to prevent the advance of destructive pathological mechanisms of structures, in order to prolong its life and ensure safety structural.

Keywords: corrosion, reservoir, chlorine.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de captação, tratamento, e distribuição de água, utiliza-se de produtos químicos para garantir o atendimento dos padrões de potabilidade de água exigidos pela portaria do ministério da saúde (MS) n° 2.914 do ano de 2011. Segundo [1] o tratamento da água, visando atingir tal potabilidade são adicionados produtos químicos, muitos desses produtos químicos são nocivos à estrutura de concreto armado, como por exemplo o cloro (Cl), elemento químico presente na fase de desinfecção dentro do processo que compõe o tratamento da água, como agente dotado de alto poder agressivo, desencadeando a corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado. O saneamento básico e suas construções nos sistemas de abastecimento de água (SAA), coleta e tratamento de esgoto, utiliza-se o concreto armado como elemento estrutural para o armazenamento. Este artigo tem por finalidade, analisar as manifestações patológicas em reservatórios de água tratada pelo cloro (Cl). Segundo [1], sistema de abastecimento de água para consumo humano é a "instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição" [1]. Deste conjunto de obras civis, materiais e equipamentos citado na Portaria 2.914/2011 do ministério da saúde (MS) fazem parte tubos, bombas, reservatórios, válvulas, comportas, filtros, dentre outros.
Dois elementos dentre estes citados interessarão de forma particular ao desenvolvimento deste artigo: os reservatórios e os produtos químicos, especificamente o cloro.
Os principais objetivos do tratamento da água são de ordem sanitária (remoção e inativação de organismos patogênicos e substâncias químicas que representem riscos à saúde), estética e organoléptica (remoção de turbidez, cor, gosto e odor) [2].
A investigação realizada foi determinada, pela avaliação da influência da concentração do cloro, como agente agressivo a reservatórios de concreto armando. As manifestações patológicas em reservatórios, motivadas por esta elevada concentração de cloro residual na água tratada para abastecimento humano passa a ser o maior desencadeador das manifestações em estruturas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ataque de íons cloreto nos reservatórios de água tratada.

Os íons cloretos podem estar no concreto por terem sido incorporados á mistura por meio do uso de agregados contaminados – ou de água do mar ou água salobra – ou pelo uso de aditivos que contem cloreto. Nenhuma dessas matérias deve ser admitido em concreto armado, e as normas, em geral, prescrevem limites rugosidades em relação ao teor de cloreto no concreto proveniente de qualquer fonte[4].
De acordo com [5], ciclos de molhagem e secagem concentram os cloretos dentro da estrutura, ao mesmo tempo em que essas zonas mostram-se mais atacadas por corrosão. Isso é avaliado tanto por observação visual quanto por mapeamento a partir dos potenciais de corrosão. Nas regiões litorâneas, as direções preferenciais do vento caracterizam, de forma diferenciada, as fachadas que são atingidas pela névoa salina, contendo sais dissolvidos (inclusive cloretos) que são depositados por impacto nas superfícies das estruturas de concreto.
Sobretudo a laje de cobertura dos reservatórios de água tratada sofre agressão contundente dos íons cloretos.
Essas estruturas sofrem com as concentrações de vapores contaminados de cloretos sob a laje de tampa e ciclos de molhagem e secagem de acordo com o consumo de água processado durante as 24 horas de abastecimento [5].
Qualquer que seja a origem, os cloretos penetram no concreto pela movimentação da água, devido á tensão superficial nos poros capilares da pasta de cimento hidratado absorve a água por sucção capilar. Para evitar a absorção de agua no concreto são utilizados aditivos. O desempenho desses aditivos dependente da pressão de água aplicada, ou seja, se ela é – como nos de chuvas (exceto se impelida pelo vento ou de ascensão capilar ou se é aplicada uma pressão hidrostática - como nos casos de estruturas de armazenamento de água ou de estruturas como porões em terrenos saturados [4].
A concentração de cloro livre na água tratada apresenta valor mais elevado imediatamente após sua aplicação como agente desinfetante, devendo apresentar um valor mínimo de 0,2 mg/L em qualquer ponto na rede de distribuição de água potável, de acordo com o artigo 34 da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.
Os reservatórios de água tratada analisados nesta pesquisa tratam-se, portanto, dos elementos do SAA que armazenam volumes de água contendo as mais altas concentrações de cloro em sua composição.
Com os ciclo de molhagem e secagem, comentando acima, com altas cocentrações de cloreto devido ao tratamento da agua, bem como devido a pressão hidrostatica, a estratura estará propicia a penetração de cloreto, podendo desencadear a corrosões de armaduras [5]. Esse tipo de manifestação patologica é de acordo com [5] uma das mais agrassivas a

estrutura de concreto, sendo considerada uma manifestação patologica muito agrassiva a estrutura, gerando maleficios a estrutura, como envelhecimento précoce das estruras, bem como diminuindo sua vida util.

2.2 Os Principais fatores que influenciam na velocidade e na profundidade da penetração dos íons cloreto.

2.2.1 Tipo de cimento.

O cimento Portland apresenta valores reduzidos de cloreto, não mais do que 0,01% em massa. Não há limite especificado na norma nacional [6]. Em relação à massa de concreto, considera-se como quantidade suficiente de cloretos totais para despassivar o aço teores de 0,05% a 0,1%, ainda que possa haver grandes variações de material para material [7]. A quantidade de aluminato tricálcico (C_3A) presente no cimento é determinante na intensidade da corrosão, uma vez que os cloretos reagem com o C_3A, formando o cloro aluminato de cálcio hidratado, que é insolúvel e diminui a penetração de cloretos devido à redução da concentração de íons livres nos poros de concreto. Portanto, quanto mais alto o teor de C_3A, ou seja, um cimento com poucos aditivos, presente no cimento, maior a resistência à corrosão. Em menor proporção, o ferro aluminato tetracálcico (C_4AF) formando os cloroferratos de cálcio hidratado [7] também fixa os cloretos livres. Sendo assim, a quantidade de C_3A do cimento tem influência na iniciação da corrosão pelos cloretos, haja vista, que este componente do cimento é responsável pela formação do cloroaluminato de cálcio hidratado, também conhecido como Sal de Friedel, o qual, ao fixar os íons cloreto, ou seja, quando combinado em reação química, contribui para a diminuição da concentração de cloretos livres na solução contida nos poros do concreto.

2.2.2 Quantidade de silicato de cálcio hidratado (CSH).

Quanto maior o teor de CSH no concreto, resultante da hidratação do silicato tricálcico (C3S) e do silicato dicálcico (C2S) presentes no cimento, maior a probabilidade de combinação com os íons cloreto e menor a velocidade de penetração dos íons cloreto no cobrimento [7], retardando sua chegada à armadura.

2.2.3 Deficiências na metodologia de concretagem e cura.

Em relação a metodologia de concretagem estão relacionadas, entre outras, as falhas no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar, por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além da formação de ninhos de concretagem e de cavidades no concreto [8].
A inadequação das fôrmas e escoramentos é uma questão que inclui falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes antes da concretagem, insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga da nata de cimento, com a consequente exposição desordenada dos agregados, e retirada prematura ou incorreta das fôrmas e escoramentos [8].

2.2.4 Teor de umidade.

A umidade presente nos poros da estrutura do concreto influi diretamente no mecanismo da corrosão, que necessita de um meio aquoso e da presença de oxigênio para que se inicie a corrosão [9].
De acordo com [9], quando o concreto encontra-se bastante úmido, os óxidos podem emigrar através da rede de poros, se manifestando na superfície através de manchas marrom-avermelhadas, de aspecto ferruginoso.

2.2.5 Temperatura.

O aumento da temperatura leva a uma maior agitação de moléculas e, portanto, uma maior mobilidade, favorecendo o seu transporte para o interior do concreto [7]. Entretanto, sua diminuição pode levar ao aumento na umidade local, também criando condições propícias à corrosão [9].

2.2.6 Fator água/cimento e cobrimento de proteção da armadura.

Fator que desempenha um papel de extrema importância quando se trata de durabilidade de estruturas de concreto armado, quanto menor a porosidade e a permeabilidade do material, menor é o ingresso de agentes agressivos e, portanto, maior o tempo de despassivação da armadura, ocasionando maior durabilidade. Uma boa execução do cobrimento, tanto no que diz respeito à sua qualidade, quanto à garantia da espessura prevista em projeto, acarreta na

proteção física e química das armaduras, evitando a corrosão [7]. Segundo a [10], a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

2.2.7 Abertura de fissuras.

De acordo com a [10] a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras.

As fissuras no concreto favorecem a penetração dos cloretos, sendo que a velocidade depende da abertura das fissuras e da qualidade do concreto. Não podemos deixar de avaliar que reservatórios de água tratada estão sujeitos a concentrações altíssimas de cloretos no seu interior devido ao processo de tratamento da água, além dos cloretos transportados pelo ar. Portanto, se a estrutura do reservatório encontra-se fissurada, a água que contém íons cloreto irá difundir e dar início a um processo corrosivo na estrutura de concreto armado preferencialmente nessas regiões [5].

2.3 O ataque de íons cloretos nos reservatórios de água tratada.

2.3.1 Alta concentração de cloro.

A concentração de cloro livre na água tratada apresenta valor mais elevado imediatamente após sua aplicação como agente desinfetante, devendo apresentar um valor mínimo de 0,2 mg/L em qualquer ponto na rede de distribuição de água potável, de acordo com o artigo 34 da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os reservatórios de água tratada analisados nesta pesquisa tratam-se, portanto, dos elementos do SAA que armazenam volumes de água contendo as mais altas concentrações de cloro em sua composição.

2.3.2 Presença de camada de oxigênio confinado.

A presença de oxigênio no estado gasoso, contido na camada de ar confinada entre a superfície da água e a laje de cobertura dos reservatórios também se caracteriza como um elemento favorável ao ataque de íons cloreto ao concreto armado.

2.4 Densidade de armadura e falha de concretagem.

A face inferior das lajes de cobertura dos reservatórios de água tratada apresenta alta densidade de armadura, tendo em vista se constituir numa região onde predominam os momentos fletores positivos. Além deste fato, salienta-se que, na concretagem destas peças, operários normalmente sobrepõem o seu peso sobre a armadura, comprimindo-a contra a fôrma, podendo contribuir para uma diminuição do cobrimento da ferragem. Especialmente nas estruturas mais antigas, em que o uso de espaçadores nem sempre eram adotados de forma eficiente, pode-se encontrar esta situação desfavorável de forma mais evidente. A densidade elevada de armadura são devido aos momentos fletores elevados nessa região, a execução deve ser criteriosa e cuidadosa, pois a mal execução pode causar, falhas de concretagem, segregação do concreto, pode causar fissuras indesejadas, abrindo caminhos para entrada de oxigênio, os quais combinados com óxidos de ferro, podem gerar diferença de potencial, gerando consequentemente corrosões. Região está onde a densidade de armadura é favorável aos acontecimentos [13], além da classe de agressividade ambiental o qual a estrutura está inserida de acordo com [10].

2.5 Corrosão da armadura.

O processo de corrosão das armaduras no interior do concreto ocorre por mecanismos eletroquímicos, através de uma reação que envolve a condução de cargas (elétrons) entre regiões diferentes de um mesmo metal. Em uma região ocorrem as reações de perda de elétrons (região anódica), enquanto em outra se processam as reações de consumo de elétrons (região catódica), gerando uma diferença de potencial. A circulação de íons ocorre pelo eletrólito, que no caso do concreto é a solução contida nos seus poros [9].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Por apresentar uma estrutura porosa e eventuais fissuras localizadas, o concreto não funciona como uma barreira perfeita contra a penetração dos agentes desencadeadores e propagadores da corrosão. Dentro de um determinado tempo, a armadura será atacada e o processo de corrosão iniciará [9].
Para [12], o processo de corrosão em meio aquoso, como é o caso de estruturas de concreto armado, é um fenômeno originado em função da solução existente nos poros internos, comumente observado em concretos de baixa qualidade e elevada porosidade, assim como em estruturas com problemas de umidade e/ou ciclos de molhagem e secagem.
Pelo próprio mecanismo da corrosão, concretos secos ou saturados não estão sujeitos a este tipo de deterioração, pois falta o eletrólito, ou o oxigênio, respectivamente. No entanto, pode-se afirmar o oposto para estruturas expostas a ação de ciclos de molhagem e secagem, principalmente se na água houver concentração de cloretos [12]

Nos estudos relacionados à durabilidade das estruturas de concreto armado, verifica-se que a corrosão das armaduras provocada pela ação dos íons cloretos é um dos problemas mais sérios que pode ocorrer em uma estrutura. Vários fatores que podem desencadear a corrosão atuam através da redução da alcalinidade do concreto, como a carbonatação ou a exposição das estruturas em ambientes ácidos, porém os íons cloretos são capazes de despassivar a armadura mesmo em condições de pH extremamente elevado [7].
Os cloretos são elementos abundantes na natureza e podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir da utilização de aditivos aceleradores do endurecimento, de agregados e de águas contaminadas, ou a partir de tratamentos de limpeza realizados com ácido muriático. Por outro lado, podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa. Em qualquer caso, a difusão dos íons de cloro é feita, ainda que às vezes só parcialmente, pela água que enche os poros do concreto, e o grau de propagação dependerá, basicamente, dos mecanismos de transporte [8].
São encontrados quimicamente combinados na forma de cloroaluminatos, fisicamente adsorvidos na superfície dos poros, quimicamente adsorvidos ao silicato de cálcio hidratado (CSH) e livres na solução contida nos poros do concreto, sendo estes últimos os íons que poderão despassivar e atingir a armadura. Apesar de serem os cloretos livres solúveis em água os únicos que poderão provocar a corrosão, é conveniente determinar o teor de cloretos totais, uma vez que parte dos cloretos combinados pode ficar disponível devido a carbonatação ou elevação da temperatura [7].

3 ESTUDO DE CASO.

De acordo com [11], reservatório de distribuição é o elemento do SAA destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.
Estas estruturas podem ser classificadas, de acordo como foram construídas, como um reservatório elevado (REL), um reservatório apoiado (RAP) ou um reservatório enterrado (REN).
A estrutura estudada trata-se de um grande reservatório de água tratada em concreto armado componentes do SAA da cidade de Carpina, localizado no Estado de Pernambuco. A obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição de água de acordo com o artigo 34 da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde [1] implica considerar durante o tratamento não apenas a concentração de cloro necessária ao atendimento aos padrões de potabilidade da água após a etapa de desinfecção, mas também levar em consideração as perdas e as contaminações no sistema de distribuição.
Visando garantir a concentração mínima de 0,2 mg/L em qualquer ponto na rede de distribuição de água potável, naturalmente a concentração de cloro residual é maior imediatamente após a sua aplicação nas estações de tratamento.
O reservatório aqui apresentado é a unidade do seu respectivo sistema de abastecimento de água que armazena o volume de água potável a ser distribuído para o consumo.

3.1 Caracterização da estrutura.

Trata-se de um reservatório do tipo elevado com 40 anos, construído em concreto armado com Fck = 25MPa, constituinte do SAA da cidade de Carpina, localizado na Rua Firmino Oliveira, no mesmo terreno do Grêmio Recreativo da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), na cidade de Carpina.
Constitui-se de uma construção em formato cilíndrico com altura total aproximada de 16 metros, apoiada sobre um conjunto de 16 vigas radiais concêntricas sob a laje de fundo do reservatório, 16 pilares e 4 vigas em anel unindo os pilares, apresentando unidade de reservação com diâmetro de 12 metros e altura de 5 metros. Seu volume de acumulação aproximado é de 2.000 metros cúbicos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4 - REL do SAA da cidade de Carpina denominado R-2.

3.2 Identificação das manifestações patológicas existentes.

A inspeção técnica ao reservatório foi assistida pela equipe local responsável pela operação e manutenção da unidade. Na oportunidade foram verificadas as manifestações patológicas existentes na estrutura que descrevemos a partir deste instante:

Fundação: O reservatório não apresenta nenhum indício de instabilidade ou comprometimento de seu funcionamento e sua durabilidade decorrente de manifestações patológicas oriundas de sua infraestrutura.

Superestrutura: Apresenta sinais de corrosão das armaduras com indesejável exposição ao ambiente externo decorrente de sua expansão e fissuração e desplacamento da camada de cobrimento na superfície externa da laje de fundo (sobretudo em sua borda), nas vigas que a sustenta, nos pilares e nas vigas em anel do reservatório.

Estrutura para reservasão: Fortemente agredida pela ação de íons cloreto, apresenta desplacamento do concreto da camada de cobrimento das armaduras na maior parte da laje de cobertura do reservatório. Nestes pontos também se observa corrosão e perda de seção das armaduras. Em alguns pontos da laje de cobertura onde a armadura está exposta. As colunas de sustentação da laje de cobertura, responsáveis também por permitir a ventilação no interior do reservatório, apresentam-se com alto grau de agressão pelos cloretos. Notadamente pode-se observar nestes elementos perda de seção do concreto e das armaduras, por rompimento de estribos detectados na inspeção visual. Foi observada a presença de algumas infiltrações na estrutura, sobretudo através de fissuras existentes na laje de fundo. Foi visualizado também o aparecimento de eflorescências na superfície externa das paredes e da laje de fundo da estrutura para reservação, que denotam a existência de pequenas infiltrações através de fissuras, dos poros do concreto e nos pontos onde ocorreram juntas de concretagem. Vale salientar que devido a limitação dos responsáveis, não foi possível realizar ensaios, ficando a pesquisa limitada em inspeção visual, o qual não diminui a possiveis falhas encontrada na estrutura estudada.

Embora o projeto estrutural deste reservatório não esteja acessível à realização deste estudo, julgamos que nesta região exista uma viga que suporta o peso das paredes do reservatório. As barras da armadura nesta região supostamente são de maior diâmetro que as utilizadas nos demais pontos da laje de fundo e, caso não tenha havido a utilização de espaçadores entre as barras e a fôrma em toda a extensão da laje quando do lançamento do concreto, é possível que a camada de cobrimento na região de sua borda, onde supomos que exista uma viga, tenha ficado ainda menor que no restante da laje.
A falta de cuidados na execução das juntas de concretagem também contribuiu para a ocorrência de infiltrações através dos poros e das juntas de concretagem das paredes da unidade de reservação e o aparecimento de eflorescências na superfície externa da estrutura.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 5 - Desplacamento da camada de cobrimento e corrosão de armaduras no interior da laje de cobertura do REL do SAA da cidade de Carpina denominado R-2.



Figura 6 – Corrosão das armaduras dos pilares de sustentação da laje de cobertura do REL do SAA da cidade de Carpina denominado R-2.

4. ANALISE DOS RESULTADOS.

A avaliação dos indícios observados na inspeção visual apontam como possíveis causas para origem das manifestações patológicas a porosidade excessiva do concreto quando da construção do reservatório, proveniente de escolha ou mistura inadequada dos materiais de construção, haja visto, a idade da construção, que segundo funcionarios tem mais de 40 anos ou seja, as normas da epoca não atendia as recomedações devido a classe de agrassividade recomenda nos dias atuais, excesso de água de amassamento e/ou cura deficiente, bem como cobrimento nominal inadequado das armaduras em diversos pontos do elemento estrutural e inobservância do espaçamento mínimo entre barras em alguns locais, criando obstáculos quando da confecção da estrutura e consequente heterogeneidade, um aspecto sem dúvida indesejável, devido ao mesmo fato da epoca da concepção e construção da estrutura..
Acredita-se que a falta de cuidados na execução das juntas de concretagem também contribuiu para a ocorrência de infiltrações, devido a grande porosidade neste local.
Eflorescências também são visíveis na face externa da laje de fundo do reservatório e nas vigas que a sustenta, sendo a patologia decorrente da lixiviação,é a percolação da água reservada pelas fissuras, fissuras estas existentes na laje de fundo.

Não foram encontrados indícios da existência de manutenção preventiva ou corretiva anteriormente executada na estrutura do reservatório para combate ou controle das manifestações patológicas identificadas. As manifestações patológicas se apresentam em elevado e preocupante grau de evolução e deterioração, que tende a ser cada vez mais gradativo à medida que a extensão onde se observa o desplacamento do concreto em todas as regiões progride.
Não há camada de impermeabilização no interior do reservatório, condição que favorece a percolação da água armazenada na estrutura de concreto e o desenvolvimento de outras manifestações patológicas, tais como as reações expansivas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo avaliou as manifestações patológicas apresentadas no reservatório de água tratada componente do sistema de abastecimento de água da cidade de Carpina, provocada pela ambiente agressividade saturado de íons cloreto à sua estrutura, potencializada por outros fatores como a existência de umidade em abundância, elevada temperatura do ambiente onde se reserva a água, , outros aspectos inerentes à própria estrutura como porosidade, espessura da camada de cobrimento das armaduras, ausência de impermeabilização, além de aspectos relacionados à conservação preventiva das unidades.
Foi discutida a temática relativa aos sistemas de abastecimento de água e à necessidade de atendimento ao normativo do Ministério da Saúde no que diz respeito aos padrões de qualidade da água, inclusive no tocante à utilização do cloro e sua concentração mínima em qualquer ponto na rede de distribuição, com vista a garantir o consumo de água potável pela população.
O caso avaliado nesta pesquisa, além dos aspectos relacionados ao ambiente fortemente agressivo devido à presença do cloro e aos outros fatores agravantes próprios a um reservatório de água tratada, as anomalias apresentaram também alguma ligação com os procedimentos adotados na construção das estruturas. É possível que algumas das manifestações patológicas tenham origem ainda na etapa de concepção do projeto dos reservatórios estudados.
A ausência de uma cultura de execução de práticas de manutenção preventiva às estruturas, evidenciada ao se constatar “improvisações”, presença de vegetação nos elementos estruturais, desgaste de aparelhos de apoio e juntas de dilatação, camadas de pinturas de proteção desgastadas, leva ao agravamento dos problemas existentes e à possibilidade do desenvolvimento de outras manifestações patológicas. Além da necessidade de aporte de um montante maior de recursos para combate aos efeitos negativos que se agravaram ao longo do tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, ano 148, n. 239, p. 39, 2011.

[2] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas práticas no abastecimento de água : procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

[3] VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. 457 p.

[4] NEVILLE, A. M.. Propriedades do Concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 912 p.

[5] BISSA, Rodrigo César Rissari. Sistemas de impermeabilização e proteção de estruturas de concreto armado de reservatórios de água tratada atacados por cloretos. Belo Horizonte, 2008. Monografia apresentada como requisito para a obtenção do título de Especialista em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

[6] PEREIRA, Lúcia de Fátima Lacerda da Costa e CINCOTTO, Maria Alba. Determinação de cloretos em concreto de cimentos portland: Influência do tipo de cimento. São Paulo, 2001. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

[7] SILVA, Fernanda Giannotti. Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos. São Carlos, 2006. Tese de doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais. Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo (USP).

[8] SOUZA, Vicente Custódio Moreira e RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1 ed. 5ª. tiragem. São Paulo: Editora Pini Ltda., 2009. 257 p.

[9] ARAÚJO, Rodrigo Augusto Moreira e SILVA FILHO, Antônio Freitas da. Corrosão de armaduras por íons cloreto. Salvador, 2009. Artigo. Universidade Católica do Salvador (UCSAL).

[10]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, NBR 12217. Rio de Janeiro, 1994.

[12]FIGUEIRÓ, André Tadeu Moreno; GREGORIO, Lilian Quattrone; CALOU, Virgínia Maria. Estudo comparativo entre sistemas de proteção contra a penetração de cloretos na face interna de lajes de reservatórios de água potável. São Paulo, 2010. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de pós-graduação em patologia das obras civis. Instituto IDD.

[13] MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos. São Paulo, 2008. Tese de doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP).