



BIODETERIORAÇÃO DO CONCRETO EM TANQUES DE DECANTAÇÃO

**BARBOSA, Maria Teresa Gomes (1); PIMENTEL, Letícia (2);
SANTIAGO, Iara (3)**

- (1) Universidade Federal de Juiz de Fora, teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br
(2) Universidade Federal de Juiz de Fora, leticiapimentel30@gmail.com
(3) Universidade Federal de Juiz de Fora, iarafsantiago@gmail.com

RESUMO

O concreto é um material amplamente utilizado na construção civil, principalmente por suas propriedades mecânicas, baixo custo e fácil operabilidade. Porém, quando submetido a ambientes altamente agressivos, se torna frágil, uma vez que determinados agentes podem interferir em sua microestrutura, comprometendo seu desempenho. Dentre os agentes agressivos, estão os de natureza biológica, que deterioram o concreto através da ação do metabolismo de organismos vivos. Estes processos são denominados biodeterioração, e podem ocorrer, por exemplo, nos tanques de decantação, que compõem uma das etapas do tratamento de esgoto. A atividade bacteriana, presente neste meio, produz diversas reações químicas, como a formação de ácido sulfúrico (H₂SO₄) que é capaz de lixiviar o cimento, expondo a armadura do concreto armado, ao meio altamente agressivo. Este artigo tem por objetivo fazer um levantamento das manifestações patológicas causadas pela biodeterioração do concreto nos tanques de decantação, visando propor métodos de prevenção e manutenção que sejam adequados para minimizar essas manifestações. Para tanto, foi efetuada uma revisão bibliográfica acerca do processo de degradação por microrganismos e dos procedimentos de prevenção e manutenção, para sugerir os métodos mais adequados a serem adotados. Espera-se que esse trabalho contribua de forma a apresentar novas técnicas que possibilitem prolongar a vida útil do concreto.

Palavras-chave: biodeterioração, tanques de decantação, patologia em ETES.

ABSTRACT

Concrete is a material widely used in building, mainly for its mechanical properties, low cost and easy operability. However, it becomes fragile in the highly aggressive environments because some agents can interfere in its microstructure and lack its performance. Among the aggressive agents are those of a biological nature, which deteriorate the concrete through the action of the metabolism of living organisms. These processes are called biodeterioration and occur, for example, in decantation tanks, which make up one of the stages of sewage treatment. The bacterial activity present in this medium produces several chemical reactions, such as the formation of sulfuric acid (H₂SO₄) that is capable of leaching the cement, exposing the reinforcement concrete to the highly aggressive medium. This paper aims to survey the pathological manifestations caused by the biodeterioration of concrete in settling tanks, aiming to propose prevention and maintenance methods that are adequate to minimize these manifestations. The literature review will be conducted on the degradation process and the preventive and corrective procedures to finally make an analysis of the most appropriate methods to be adopted. It is expected that this research will contribute in order to present new techniques that make it possible to increase the concrete life.

Keywords: biodeterioration, decantation tanks, durability.

1 INTRODUÇÃO

A palavra *deterioração* é definida como sendo uma ação capaz de alterar de um estado bom para um pior, ou seja, ocorre a deterioração do concreto quando este perde suas características iniciais de desempenho e a normalização brasileira regulamenta requisitos básicos para a garantia da qualidade das estruturas de concreto armado prescrevendo requisitos mínimos de durabilidade a ser atendidos pela estrutura (NBR 6118: 2014). Com isso, se faz necessário o estudo das alterações de propriedades que podem ocorrer no concreto em diferentes meios agressivos, sendo o estudo das manifestações patológicas uma ciência de extrema importância na construção civil.

Fitch (1981) menciona que o concreto pode apresentar diversas manifestações de patológicas, causadas por agentes químicos, físicos e biológicos quando inserido à ambientes agressivos, interferindo em sua microestrutura e comprometendo seu desempenho. Os agentes de natureza biológica são responsáveis por deteriorar o concreto através da ação do metabolismo de microrganismos, sendo esta atividade chamada biodeterioração.

Segundo Kumar e Kumar (1999), os processos de biodeterioração que podem ocorrer são: *físico ou mecânico* (caracterizada pelo colapso da estrutura devido à pressão exercida pelo crescimento de organismos), *estético* (ocorre somente superficialmente com a formação de manchas devidas principalmente ao crescimento de algas ou fungos), *químico assimilatório* (quando os micro-organismos utilizam do material estrutural como fonte de nutrição) e *químico não assimilatório* (quando a degradação se dá pelos subprodutos formados pelo metabolismo dos micro-organismos).

Nesse contexto, o estudo da agressividade do meio ambiente onde a estrutura de concreto armado será inserida é de suma importância, destacando-se os ambientes altamente agressivos que propiciam o desenvolvimento destes microrganismos, como é o caso das estações de tratamento de esgoto.

As estações de tratamento de esgoto (ETES) são locais a remoção dos sólidos presentes no material, que podem ser matéria orgânica, patógenos, produtos inorgânicos, entre outros. As tecnologias para o tratamento variam de acordo com a qualidade do afluente que se deseja alcançar, porém o processo básico consiste na degradação da matéria orgânica pelas bactérias presentes. As bactérias se alimentam das substâncias orgânicas e com isso liberam subprodutos ácidos, tornando o meio altamente agressivo.

Diante do exposto, este artigo tem por objetivo fazer um levantamento das principais manifestações patológicas encontradas nas estações de tratamento de esgoto, resultantes principalmente pela ação dos microrganismos presentes no ambiente, para entender esse processo e

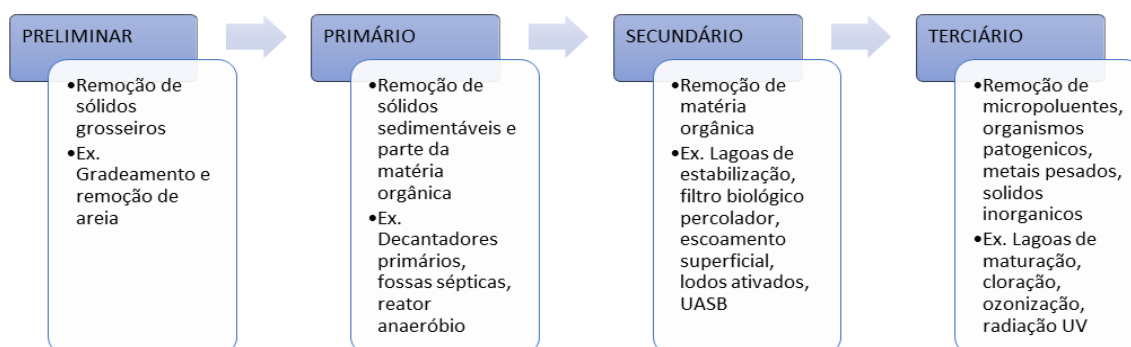
propor medidas eficazes na prevenção e manutenção destas manifestações observadas.

Nesse contexto efetuou-se uma revisão bibliográfica a cerca da biodeterioração do concreto, deterioração do concreto, etapas do tratamento de esgoto, tanques de decantação, diretrizes técnicas para construção de ETES, manifestações patológicas em reservatório de concreto, técnicas de manutenção para tanques de concreto.

2 ESTUDO DE CASO: TANQUES DE DECANTAÇÃO

O processo de tratamento de esgoto é composto por etapas como tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, conforme ilustrado na Figura 1 (VON SPERLING, 2005). O tratamento preliminar visa eliminar os sólidos grosseiros, em seguida elimina-se parte da matéria orgânica em suspensão e, posteriormente, elimina-se a maior parte da matéria orgânica presente no esgoto. Quando há o tratamento terciário, este visa eliminar os organismos patogênicos bem como, os sólidos inorgânicos que não foram decompostos nos tratamentos anteriores.

Figura 1: Esquema ilustrativo das etapas de tratamento de esgoto.



Fonte: Autor

Segundo Jordão e Volschan Jr (2009) os tanques de decantação podem estar presentes tanto na etapa de tratamento primária, quanto na secundária, dependendo da tecnologia utilizada pela estação. Neles ocorre o processo de sedimentação dos sólidos presentes no efluente e a consequente redução da matéria orgânica através da atividade metabólica das bactérias.

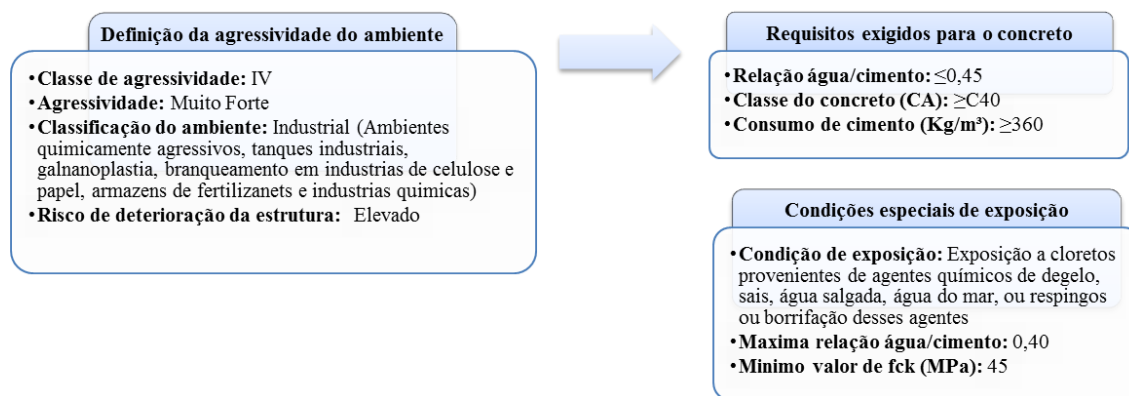
Desta forma, os tanques de decantação configuram um ambiente de alta agressividade para o concreto, uma vez a degradação da matéria orgânica pelos organismos conduz a formação de ácidos orgânicos e inorgânicos, principalmente ácido sulfúrico (H_2SO_4) e nitrato, causando deterioração da estrutura. (WEI *et al.*, 2010)

Nesse sentido a ABNT NBR 12.209: 2011 estabelece diretrizes para o dimensionamento da estação de tratamento de esgoto considerando o afluente necessário após o processo, porém não prevê recomendações

quanto aos materiais que constituem os elementos estruturais. Em contrapartida a ABNT NBR 6118: 2014 determina que as estruturas de concreto necessitam serem projetadas e construídas para garantir segurança e durabilidade, mesmo quando submetidas a condições ambientais agressivas.

Constata-se uma carência normativa em relação à construção dos elementos estruturais de concreto que compõe as ETES, uma vez que os parâmetros de agressividade em que se encontram não são definidos de forma clara na literatura. Desta forma, adota-se NBR 12655: 2015 que define orientações de projeto para condições de agressividade similares as encontradas nas ETES, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Requisitos exigidos pela ABNT NBR 12655/2015.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR12655/2015

Nesse contexto, verifica-se que a agressividade ambiental a qual a estrutura estará inserida deve ser inicialmente definida e, então, são definidos alguns parâmetros de projeto mínimos para execução da estrutura de concreto.

As condições ambientais que mais se aproximam da realidade, são as descritas como Classe IV de agressividade, e ainda, em condições especiais de exposição, possuindo elevado risco de deterioração da estrutura. Com isso, a norma estabelece que a resistência do concreto seja superior a 45 MPa, e sua relação entre o consumo de água e o consumo de cimento deve ser inferior ou igual a 0,40.

Segundo Hewayde *et al.* (2006) o mecanismo de degradação das bactérias começa em condições anaeróbias, com concentração de oxigênio entre 0,1 e 0,5 mg/l, quando as bactérias consomem sulfatos para obter o oxigênio disponível em proteínas e aminoácidos. Com isso, há a produção de ácidos como o sulfídrico (H_2S) e anidrido carbônico (CO_2). O ácido sulfídrico reage parcialmente com o oxigênio do ar atmosférico, formando água (H_2O) e compostos de enxofre (S_2O_3 ; S_4O_6 ; SO_4). A outra parcela do sulfeto de hidrogênio (H_2S) assim como o anidrido carbônico (CO_2) se dissolvem na água, reduzindo gradativamente o pH do esgoto, de forma evolutiva. (LEEMAN *et al.*, 2010)

Quando a solução do esgoto se torna altamente ácida e entra na estrutura porosa do concreto, acaba reduzindo o seu pH natural (12,0 ~13,0) e favorecendo a colonização de bactérias oxidantes. Estes ácidos presentes na solução reagem com o hidróxido de cálcio do cimento Portland e formam compostos de cálcio solúveis em água, que são lixiviados, dando origem as manifestações patológicas dos tanques de decantação (ESTOKOVA *et al.*, 2012).

Desta forma, os principais processos de deterioração que ocorrem nas estruturas de concreto dos tanques de decantação, causados pela biodeterioração, são: (HOPPE FILHO *et al.*, 2014; MULLER, 2015; ARANTES, 2016; CHAVES *et al.*, 2016; CAMARGO, 2017; KUDLANVEC JUNIOR *et al.*, 2018; DIAS, 2018)

- a) Carbonatação: este processo ocorre quando o gás carbônico (CO_2) penetra nos poros do concreto, e dilui-se na umidade presente na estrutura, formando o composto chamado ácido carbônico (H_2CO_3), que reage com alguns componentes da pasta de cimento hidratada e resulta em água e carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse processo reduz o pH do concreto e inicia a carbonatação na superfície da estrutura, formando uma frente composta por duas zonas com pH distintas (uma básica e outra neutra), que avança em direção ao interior do concreto ate alcançar o aço e deixa-lo vulnerável a corrosão.
- b) Corrosão das armaduras: este fenômeno consiste na interação destrutiva do aço com o ambiente em que ele esta inserido. A corrosão ocorre quando há um eletrólito, uma diferença de potencial e oxigênio, que conduzem à formação de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos de corrosão avermelhados, pulverulentos e porosos.
- c) Lixiviação: consiste na extração de uma substância de um meio sólido, pela sua dissolução, em um meio líquido. No concreto ocorre quando o hidróxido de cálcio (Ca (OH)_2), existente na pasta de cimento Portland endurecida, é dissolvido e carregado para fora da superfície da estrutura, formando depósitos de sais que surgem como manchas brancas na superfície de concreto.

A partir destes processos surgem diversas manifestações patológicas, como fissuras e destacamento do revestimento do aço; perda de massa das barras de aço e aparecimento de manchas avermelhadas, devido a corrosão da armadura e, por fim, eflorescências (manchas brancas devido a depósitos salinos) na superfície do concreto, causadas pela lixiviação.

3 METODOS DE PREVENÇÃO E MANUTENÇÃO

Para garantir a eficiência do projeto de estações de tratamento de esgoto, é fundamental que as estruturas de concreto sejam projetadas e executadas visando à máxima durabilidade, com o mínimo de manutenção. Para isto, as diretrizes estabelecidas pelas normas vigentes devem ser seguidas com prudência tanto no projeto como na execução das estruturas de concreto.

Alinhadas a uma boa execução, algumas medidas preventivas podem ser tomadas para reforçar a proteção do concreto, e prolongar sua vida útil, por essa razão, STANASZEK e FIERTAK (2016) indicam a necessidade de se aplicar revestimentos capazes de resistir ao ataque de ácidos, impermeáveis e com boa adesão ao concreto. Dentre os sistemas de proteção mais comum, podemos destacar:

- a) Manta asfáltica: material composto basicamente de asfalto, alguns elastômeros e uma manta que pode ser de materiais diversos, sendo as mais comuns o filme polietileno, borracha, poliéster e fibras de vidro. Cada um desses materiais estruturantes possui características próprias, que conferem maior resistência ou menor custo, entre outras características. A especificação correta da manta asfáltica para cada área é fundamental para o sucesso do sistema de impermeabilização e as recomendações quanto à aplicação são fornecidas pelos fabricantes. No geral, é necessário haver sobreposição de mantas de, no mínimo, 10 cm para evitar falhas, com atenção especial aos ralos, juntas de dilatação e encontros com planos verticais, pois são pontos críticos capazes de causar defeitos no sistema.
- b) Argamassa polimérica: é um material de base cimentícia, produzido industrialmente com aditivos, polímeros e minerais específicos que conferem a argamassa características impermeabilizantes e com uma maior trabalhabilidade. Para sua aplicação, a superfície do substrato deve estar limpa e livre de impurezas, e umedecida. É necessário preparar a massa de acordo com as especificações do fabricante, e aplica-la com o auxílio de uma trinchadeira, em demãos cruzadas, com atenção aos cantos, que devem ser reforçados com telas de poliéster, respeitando os procedimentos de cura conforme especificados pelos fabricantes.
- c) Membrana de poliuretano: é um polímero que possui diversas vantagens como baixo peso, excelente resistência mecânica, à ataques químicos, à temperaturas elevadas e aos raios UV. Sua aplicação é semelhante à de pinturas tradicionais, e deve respeitar o tempo de cura do primer que é entre 4 e 6 horas. A quantidade de demãos pode variar de acordo com o uso ou instrução do fabricante, mas é, em geral, de 3 a 4, sendo preciso respeitar os prazos de cura entre demãos. Deve ser feita com cuidado para

garantir a cobertura total da superfície, com atenção especial aos cantos, curvas e rodapés que são os pontos mais sujeitos à falhas de execução.

- d) Poliéster Flexível: integra uma categoria de polímero, e é um sistema de impermeabilização definitiva, que pode ser aplicada diretamente sobre o contrapiso ou piso já existente, e possui resistência aos raios UV, agentes químicos, tráfego de pessoas e veículos pesados, lavagens constantes, ciclos de gelo e degelo. Esse sistema deve ser aplicado por uma mão de obra qualificada, que deve atender todas as recomendações do fabricante.

4 CONCLUSÃO

A patologia de estruturas de concreto é uma ciência que vem sendo estudada cada vez mais, e mesmo que determinadas manifestações patológicas não tenham sido atribuídas a biodeterioração, os microrganismos sempre estiveram presentes no ambiente, e sendo seu ataque através de reações químicas, pode ser facilmente confundido com a deterioração química do concreto, comumente estudada.

As estações de tratamento de esgoto caracterizam um ambiente de alta agressividade para o concreto, principalmente as estruturas dos tanques de decantação, e por isso é necessário seguir as recomendações técnicas da ABNT de matérias, cobrimentos, relação água/cimento, entre outras, além de rigoroso controle dos métodos construtivos e escolha correta do sistema de proteção da estrutura, promovendo a garantia de durabilidade e segurança.

Diante disso, é necessário que estudos sejam realizados visando entender melhor a ação dos microrganismos em estruturas de concreto, para que seja possível propor tecnologias resistentes aos ataques.

REFERÊNCIAS

ARANTES, L.C. DETERIORAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: Dimensionamento de elementos estruturais (lajes e vigas) em Estação de Tratamento de Esgoto. 2016. 110f. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo. Rio de Janeiro, 2015.

CAMARGO, R. G. Estudo de patologia em concreto armado e proposta de soluções: análise de caixa de areia no sistema de tratamento de efluentes em uma cooperativa de laticínios. 2017. 71f. Trabalho de Graduação em

Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

CHAVES, P.; DE SOUZA, E.; BERENGUER, R.; BARRETO, L.; NASCIMENTO, E. Estudo das anomalias observadas em obras de estação de tratamento de esgoto (E.T.E.). In: I Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural (SEMIPAR), 2016, Recife. Anais... Recife: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2016.

DETERIORAÇÃO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2019. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/deterioracao/>. Acesso em: 20/09/2019

DIAS, N. G. Avaliação da deterioração das estruturas de concreto de estações de tratamento de esgoto. 2018. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Eštokova, A., Harbul'áková, V.O., Luptáková, A., Številová, N. (2012) "Study of deterioration of concrete influenced by biogenic sulphate attack", *Procedia Engineering*, v. 42, p. 1731-1738.

FITCH, J.M. Preservação do Patrimônio Arquitetônico. São Paulo: FAUUSP, 1981.

HEWAYDE, E.; NEHDI, M.; ALLOUCHE, E.; NAKHLA, G. Effect of geopolymere cement on microstructure, compressive strength and sulfuric acid resistance of concrete. *Magazine of Concrete Research*, vol58(5), p. :321–331, 2006.

HOPPE FILHO, J.; RHEINHEIMER, B.; KHOE, S. S.; ARTIGAS, L. V.; SABBAG, A. F.; MEDEIROS, M. H. F. Degradação do concreto de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) por ácido sulfúrico biogênico. *Revista ALCONPAT*, v. 4, n. 2, Maio, 2014, p. 84-96.

KUDLANVEC JUNIOR, V. L.; CANALLE, R.; NUNES, T. K. L.; RESENDE, E. C. R. C.; SILVA, M. D. S. C. Levantamento de manifestações patológicas em estação de tratamento de esgoto: estudo de caso em reator UASB. In: Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (3º SPPC), artigo n. 3SPPC1010, pp. 106 – 115, 2018.

KUMAR, R.; KUMAR, A.V. Biodeterioration of Stone in Tropical Environments-Na Overview. 1ª Edição. The J. Paul Getty Trust EUA. 1999.

JORDÃO, E.P; VOLSCHAN JR., I. Tratamento de Esgotos Sanitários em Empreendimento Habitacionais. 1. ed. Brasília: CAIXA, 2009, 132p.

LEEMANN, A.; LOTHENBACH, B.; SIEGRIST, H.; HOFFMANN, C. Influence of water hardness on concrete surface deterioration caused by nitrifying biofilms in wastewater treatment plants. *International Biodeterioration & Biodegradation*, p. 489-498, 2010.

MULLER, Y. P. Vistoria e avaliação das condições estruturais dos tanques de aeração da estação de tratamento de esgoto Rubem Berta. 2015. 21f. Trabalho de Especialização em Patologia nas Obras Civis – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

STANASZEK-TOMAL, E.; FIERTAK, M. Biological Corrosion in the Sewage System and the Sewage Treatment Plant. *Procedia Engineering*, 161, p. 116-120, 2016.

ROBERTS, D. J.; NICA, D.; ZUO, G.; DAVIS, J. L. Quantifying microbially induced deterioration of concrete: initial studies. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 49, n. 4, p. 227-234, 2002.

UNESCO. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2017: Aguas residuais: o recurso inexplorado, resumo executivo.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

WEI, S.; SANCHEZ, M.; TREJO, D.; GILLIS, C. Microbial mediated deterioration of reinforced concrete structures. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64, n. 8, p. 748-754, 2010.