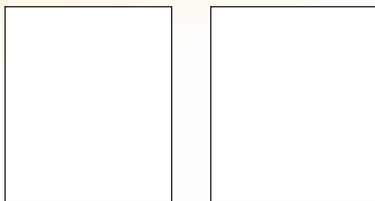


Concrete structures erosions of urban stormwater channels

Erosões nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais urbanas



J. E. DE AGUIAR ^a
aguiar@recuperacao.com.br

M. B. BAPTISTA ^b
marcio.baptista@ehr.ufmg.br

Abstract

This work shows the consequences of the emergence of erosions on concrete structures of urban stormwater channels, based on inspections in over 180 km of channels in the drainage system in Belo Horizonte (Brazil). The article describes the origins of erosion, which can be abrasion, cavitation and chemical attacks, and shows the formation and evolution processes of pathologies, stressing the fact that they can cause the structures to collapse. Safety inspection procedures and the high risks involved are presented. The article also addresses the main characteristics materials should have to be erosion resistant, and establishes relationships between the different pathologies and the operational hydraulic characteristics of the channels, aiming at the future development of a patrimonial management program.

Keywords: Stormwater channels, concrete pathologies, erosions.

Resumo

Este trabalho apresenta as conseqüências do surgimento das erosões no interior das estruturas de concreto das galerias de águas pluviais urbanas, com base em inspeções feita em mais de 180 km na rede de drenagem da cidade de Belo Horizonte (Brasil). O artigo descreve a gênese das erosões que podem ser por abrasão, por cavitação e por ataque químico, mostrando os processos de formação e evolução das patologias, chamando a atenção que elas podem levar as estruturas ao colapso. São apresentados os procedimentos de segurança para a realização das inspeções e os altos riscos envolvidos no trabalho. O artigo também aborda as principais características que os materiais devem ter para resistir às erosões e procura estabelecer relações entre as diferentes patologias e as características hidráulicas operacionais, visando o desenvolvimento ulterior de um programa de gestão patrimonial.

Palavras-chave: Galerias de águas, patologias de concreto, erosões.

^a Engenheiro Civil, M.Sc., Recuperação Engenharia – Rua Lindolfo de Azevedo, 611 – 30421-265 Belo Horizonte, Brasil – e-mail aguiar@recuperacao.com.br tel: (31) 3296-6300

^b Engenheiro Civil, Dr. Escola de Engenharia da UFMG – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos – Av. Antonio Carlos, 6627 - Belo Horizonte, Brasil – e-mail marcio.baptista@ehr.ufmg.br tel: (31) 3409-4081

pouco a pouco consumindo os metais, conforme figura 14, até seu rompimento. A exposição e a conseqüente corrosão das barras de aço são mais relevantes nas obras onde houve deficiência de espessura da camada de cobrimento das armaduras.

5.4 Medidas de proteção contra a erosão química

Quanto menor for a permeabilidade do concreto, menores serão os danos causados por ataques químicos nas estruturas, visto que as reações químicas ocorrem de maneira mais lenta. Portanto, o adensamento do concreto é importante para que o concreto seja resistente aos ataques químicos, salienta Neville [16].

Importante também é ressaltar que a durabilidade e a resistência do concreto aos ataques químicos podem ser aumentadas se o processo de cura for apropriado, garantindo que as reações de endurecimento sejam adequadas.

A erosão química pode ser minimizada pelo uso de cimentos especiais, pozolanas e com o uso de outras adições, além de diversos tipos de camadas e selantes protetores aplicados na superfície do concreto. As pozolanas fixam o $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que é um produto mais vulnerável a reações com ácidos. A utilização de sílica ativa proporciona ao concreto menor porosidade, dificultando a penetração da água em seus poros.

A possível prevenção quanto ao ataque por sulfatos poderá ser alcançada se o concreto apresentar boa qualidade, ou seja, fatores como, permeabilidade, baixa relação água/cimento, adensamento e cura sejam preponderantes quanto a estes aspectos, segundo Mehta e Monteiro [15]. Há também a possibilidade do uso de cimentos resistentes a sulfatos, além da redução do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ com a adição de escórias, sílica ativa e pozolanas, segundo Neville [16]. Uma das precauções quanto à existência de reações álcali-agregado é o estudo da quantidade de álcalis no cimento, assim como da reatividade do agregado a ser utilizado. A utilização de

cimentos com baixa concentração de álcalis auxilia na inibição dessas reações. Também a adição de pozolanas, como a escória granulada de alto forno e a sílica ativa, contribuem na diminuição da concentração de álcalis, pois, estes, quando presentes nestas adições, são insolúveis em meio ácido e não reagirão com os agregados, comentam Mehta e Monteiro [15].

A corrosão da armadura é diretamente facilitada pela permeabilidade do concreto, ou seja, quanto mais poroso for o concreto mais susceptível estará a estrutura a este tipo de deterioração. A espessura de cobrimento adequado ao meio no qual a estrutura estiver inserida tem papel fundamental na boa qualidade do concreto. Além disso, existem membranas protetoras, coberturas de concreto impermeáveis, argamassas de cimento com adição de emulsões de polímeros, que não sejam à base de sais de cloretos, e revestimentos para as barras de aço como a proteção de zinco ou a pintura epóxi que, têm sido utilizadas com sucesso, com o intuito de evitar problemas de corrosão, conforme Mehta e Monteiro [15].

6. Conclusões

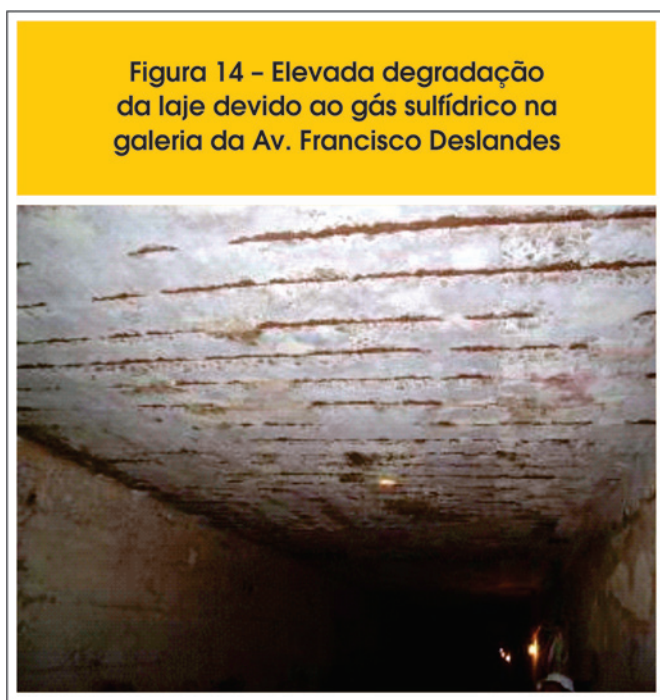
As manifestações patológicas, principalmente as erosões por abrasão, cavitação e ataques químicos, encontradas nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais, com base nas inspeções feitas na rede de drenagem de Belo Horizonte, são progressivas, e paulatinamente degradam as estruturas, podendo levá-las ao colapso em pouco tempo de construção. Este procedimento deve servir de parâmetro para outras cidades, que, normalmente, não realizam inspeções nas redes de drenagem urbana.

Como as administrações públicas não dispõem de metodologias para elaboração de um plano de manutenção preventiva para conservar as estruturas, verifica-se, lamentavelmente, que as intervenções de manutenção em galerias de águas pluviais só ocorrem de forma corretiva, quando a degradação atinge nível tão elevado que a estabilidade das estruturas já está seriamente comprometida, com eminente risco de acidentes para os pedestres e o tráfego do local, exigindo recursos muito maiores se ações preventivas tivessem sido tomadas.

Este trabalho enseja a realização de pesquisas complementares correlacionando o surgimento e a evolução das patologias com as características técnicas e operacionais das galerias de águas pluviais, como forma de subsidiar a elaboração de planos de gestão patrimonial dos sistemas de drenagem urbana.

7. Bibliografia

- [01] AGUIAR, J.E. Patologias que comprometem a durabilidade do concreto em galerias de águas pluviais. In Anais do 42º Congresso Brasileiro do Concreto, Fortaleza. 15p., 200.
- [02] AGUIAR, J.E.; BAPTISTA, M.B. Estudo das patologias de concreto das galerias de águas pluviais de Belo Horizonte. Campo Grande MS XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 20p., 2009.
- [03] AÏTCIN, P. C. Concreto de alto desempenho. Tradução de Geraldo G. Serra. São Paulo: Editora Pini. 667p., 200.
- [04] ALMEIDA, I. R. Influência da resistência à abrasão do agregado graúdo na resistência à abrasão de concretos de alto desempenho. Congresso Brasileiro



- do Concreto. Ceará. Fortaleza: IBRACON. 123p., 200.
- [05] BORSARI, R. D. A cavitação por irregularidade de superfície e a areação como forma de prevenção. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo. 246p., 1986.
- [06] CANOVAS, M. F. Patologia e terapia do concreto armado. Editora Pini. 522p., 1988.
- [07] DALFRÉ, J.G. Desenvolvimento de equipamento para avaliação de erosão por cavitação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Estadual de Campinas, São Paulo. 97p., 2002.
- [08] FORSTER, S.W. *et al.* Report on Alkali-Aggregate Reactivity. American Concrete Institute ACI 221. 1 R-98. 31p., 1998.
- [09] GRAHAM, J.R. *et al.* Erosion of Concrete in Hydraulic Structures. American Concrete Institute ACI 210R-93. 23p., 200.
- [10] KORMANN, A.C. *et al.* Processos erosivos em superfícies de concreto de barragens – mecanismo e recuperação XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza/ CE. 11p., 2001.
- [11] KORMANN, A.C.M. Estudo do desempenho de quatro tipos de materiais para reparo a serem utilizados em superfícies erodidas de concreto de barragens. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Paraná. 196p., 2002.
- [12] LEONARDO, C.R.T. Estudo de concreto de alto desempenho visando a aplicação em reparos estruturais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Paraná. 132p., 2002.
- [13] MAclNNIS, C. *et al.* Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service. American Concrete Institute ACI 201.1 R-92. 16p., 1997.
- [14] McDONALD, J. E. An Evaluation of Materials for Repair of Erosion Damage in Hidraulic Structures. HPMS&S High-Performance Materials and Systems Reserch Program. Disponível em www.wes.army.mil/SL/HPMS/hpms.htm. 10p., 2002.
- [15] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3ª edição. São Paulo: Pini. 673p., 2008.
- [16] NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2ª edição. Tradução de Salvador Giamusso. São Paulo: Pini. 737p., 1997.
- [17] QUINTELA, A. C.; RAMOS, C. M. Protecção contra a erosão de cavitação em obras hidráulicas. Memória nº 539. Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 73p., 198.
- [18] SILVA, M.R. Biodeterioração do concreto. IBRACON, Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações, Vol II, Capítulo 28, pp.587-878, 2005.
- [19] VAUGHN, O., Understanding Biogenic Sulfide Corrosion. Materials Performance. pp.36 – 39, 2007.