

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS HIDRÁULICAS DE MACRODRENAGEM REVESTIDAS EM CONCRETO

EQUIPE

Valquíria Silva Melo - Mestre em Construção Civil. Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais.

Hersília de Andrade e Santos - Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais.

Adriano de Paula e Silva - Professor Associado do Departamento de Materiais e Construção. Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMO

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é uma das maiores cidades do Brasil. Uma das suas características particulares é a presença de várias bacias e, por consequência, vários cursos d'água que permeiam todo o traçado urbano. Nas últimas décadas, para evitar a ocorrência de inundações durante os períodos de cheia, grande parte desses cursos d'água foi canalizada e revestida em concreto. Nessa concepção, as águas resultantes de precipitações pluviométricas devem ser rapidamente afastadas das áreas urbanas através do aumento de sua velocidade de escoamento. Apesar de ser uma solução rápida e eficaz, essas estruturas em concreto exigem manutenção constante, devido à possibilidade de surgimento de diversas patologias, comuns no concreto como material de construção. Soma-se a esta característica natural, o fato das águas de nossos rios serem misturadas indevidamente às águas servidas (esgotos), o que agrava o aparecimento dessas anomalias, normalmente decorrentes de ações climáticas e atmosféricas. Como exemplos de patologias, podem ser citadas a ocorrência de fissuras, eflorescências, corrosão de armaduras e desgastes do concreto. Dessa forma, este artigo tem como objetivo o estudo de patologias presentes em canais abertos e galerias, revestidos em concreto e dentro do ambiente urbano descrito. O levantamento das patologias foi obtido através de vistoria em diversas estruturas hidráulicas de macrodrenagem, ocasião em que foi realizada cuidadosa análise e cadastramento

das anomalias observadas. Após o trabalho de campo, foram realizados estudos e análises, identificando as possíveis causas dos problemas e as soluções adequadas a serem adotadas para cada situação.

Palavras-chave: patologias, concreto, canais, galerias.

ABSTRACT

Belo Horizonte, capital of the state of Minas Gerais, is one of the largest cities of Brazil. One of your private characteristics is the presence of several basins and, for consequence, several courses of water that permeate the whole urban plan. In the last decades, to avoid the occurrence of floods during the flood periods, great part of those courses of water was channeled and covered in concrete. In that conception, the resulting waters of precipitations rain should be moved away quickly of the urban areas through the increase of your drainage speed. In spite of being a fast and effective solution, these structures in concrete demand constant maintenance, due to the possibility of appearance of several pathologies, common in the concrete as construction material. The this natural characteristic is added, the fact of the waters of our rivers be improperly mixed to the served waters (sewers), what worsens the emergence of those anomalies, usually current of climatic and atmospheric actions. As examples of pathologies, the occurrence of fissures, efflorescências, erosion of armors and wastes of the concrete can be mentioned. In that way, this article has as objective the study of present pathologies in open channels and galleries, covered in concrete and inside of the described urban atmosphere. The rising of the pathologies was obtained through it inspects in several structures macrodrenagem hydraulics, occasion in that was accomplished careful analysis and catalogue of the observed anomalies. After the field work, studies and analyses were accomplished, identifying the possible causes of the problems and the appropriate solutions her be adopted for each situation.

Words-key: pathologies, concrete, channels, galleries.

INTRODUÇÃO

A cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais – Brasil, pode ser considerada como uma das maiores cidades do país, não só pelo seu desenvolvimento econômico e social, mas também por suas características de infra-estrutura, em especial aquelas referentes à drenagem.

Com uma área de, aproximadamente, 335km², o município de Belo Horizonte está localizado na grande Bacia do Rio São Francisco e abrange grande parte das bacias do Ribeirão Arrudas e do Ribeirão do Onça. Estes dois ribeirões são responsáveis pela macrodrenagem da cidade, a qual apresenta vários cursos d'água que permeiam todo o traçado urbano.

A cidade apresenta grande percentual de urbanização, uma vez que restam apenas 6% de áreas não parceladas (incluindo áreas de preservação permanente) e 5% de áreas parceladas que não foram edificadas. O desenvolvimento urbano da Região Metropolitana de Belo Horizonte tende a se expandir rumo às direções norte e oeste, onde se situam as cabeceiras dos principais cursos d'água que cortam o município – ribeirões Arrudas e Onça.

Por ser uma cidade composta por vários cursos d'água, nas últimas décadas houve uma grande quantidade de inundações durante os períodos de cheia. Para contornar tal problema, grande parte dos cursos d'água foi canalizada e revestida em concreto, a fim de que as águas resultantes de precipitações pluviométricas fossem rapidamente afastadas das áreas urbanas, com o aumento de sua velocidade de escoamento.

Os canais hidráulicos são estruturas para transporte e adução de água, bem como para a compatibilização com outras obras de infra-estrutura. Quando revestidos ou consolidados, são construídos com materiais não erodíveis. No caso de canais revestidos em concreto, podem ser utilizados o concreto moldado “in loco”, peças pré-moldadas e, ocasionalmente, o concreto projetado.

Apesar de apresentar vantagens como velocidades de escoamento mais elevadas, que permitem uma maior capacidade de vazão, e uma grande flexibilidade quanto à forma da seção, a solução de revestimento em concreto traz algumas desvantagens, como o elevado custo de implantação, a baixa inserção ambiental e a necessidade de manutenção constante, uma vez que podem surgir diversas patologias comuns no concreto como material de construção.

Além desta característica natural, soma-se o fato de as águas de nossos rios serem misturadas indevidamente às águas servidas (esgotos), o que agrava o aparecimento das anomalias, normalmente decorrentes de ações climáticas e atmosféricas.

Como exemplos de patologias decorrentes do processo, a serem abordados nesse estudo, podem ser citados: ocorrência de fissuras, eflorescências, armaduras expostas (corrosão), desgaste do concreto por abrasão, bolor, interferências, infiltração, presença de vegetação, desagregação do concreto e perda de parte da seção.

Desta forma, tendo como objetivo o estudo dos tipos de patologias presentes em canais de macrodrenagem, foram realizados vários

levantamentos de anomalias em algumas estruturas hidráulicas encontradas em Belo Horizonte. Pretende-se, portanto, com este artigo, salientar a importância da manutenção periódica em obras de infra-estrutura e alertar para a correta destinação das águas pluviais, de modo a não misturá-las indevidamente com as águas servidas (esgotos)

METODOLOGIA

No caso de canais abertos, a metodologia consistiu na realização de vistorias em pontos do canal do rio Arrudas e do córrego Santa Inês, cujas anomalias foram demarcadas por anotações e fotografias. Vale ressaltar que, como os locais eram de difícil acesso, não foi possível a retirada de fotos próximas às regiões desejadas, inclusive medidas precisas das aberturas das fissuras.

Após o procedimento anterior, foram feitas análises com relação às causas e possíveis soluções.

No caso de galerias (canais fechados), a metodologia foi similar e obedeceu a um planejamento rigoroso das diversas etapas inerentes ao processo, em que foram consideradas a segurança na execução da vistoria, a realização de todas as atividades necessárias para abordagem de caracterização e do diagnóstico estrutural, durante uma única vistoria, e uma nova vistoria, complementar, acionada apenas em casos de dúvida no diagnóstico ou mediante uma patologia de gravidade acentuada, cuja análise exija uma inspeção mais detalhada.

As informações foram coletadas, juntamente com as fotos, para subsidiar o estudo das anomalias encontradas. Foram definidas as melhores soluções para cada caso.

RESULTADOS

CANAIS ABERTOS

A) RIBEIRÃO ARRUDAS

A Fig. 1 mostra a ocorrência de armaduras expostas na laje de piso de uma saída de água (A) e na parede lateral externa (B). No caso A, o que ocorreu foi um desgaste do concreto por abrasão, uma vez que, como a saída de água trazia para o canal tanto as águas de drenagem como as águas servidas, também eram

trazidos sedimentos oriundos do esgoto, além de substâncias tóxicas, devidas ao meio agressivo.

No caso B, houve uma desagregação do concreto, vinculada ao problema de durabilidade da estrutura, com possível cobrimento insuficiente e gerando corrosão das armaduras. Além disso, por ser uma região próxima à saída das águas servidas, também sofre ataque químico, em função da formação de alguns gases, como o sulfídrico, por exemplo.

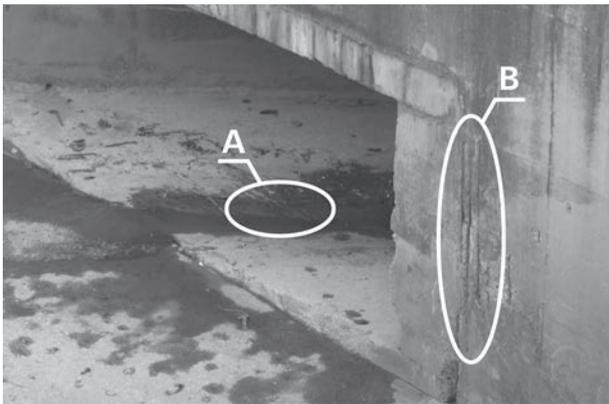


Figura 1 - Detalhe das armaduras expostas



Figura 2 - Mancha na parede lateral do canal

As Fig. 2 e 3 retratam exemplos de mancha no concreto, devida à presença de umidade. O escoamento da água da escada de drenagem se dá diretamente na parede lateral do canal, causando umidade na faixa subjacente àquela (Fig. 2), o mesmo acontecendo com a saída da tubulação (Fig. 3), gerando bolor.

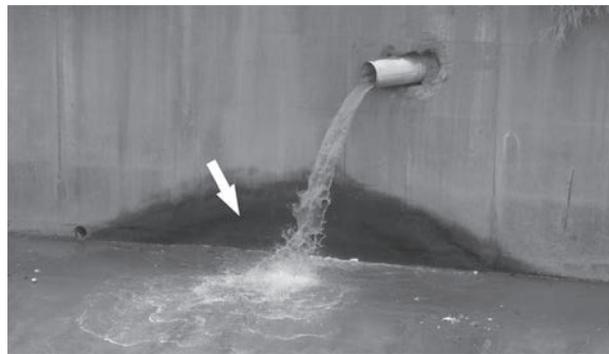


Figura 3 - Presença de bolor



Figura 4 - Surgimento de vegetação em junta de dilatação

As construções de concreto estão sujeitas a esforços provenientes de condições climáticas, como as variações de temperatura. Sendo assim, é importante deixar juntas de dilatação que propiciem o movimento da estrutura. Tais juntas devem ser bem executadas, de forma a não deixar vazios para entrada de água ou outras substâncias. A Fig. 4 mostra o início de vegetação exatamente no local de uma junta, indicando que há aberturas ao longo de sua extensão.



Figura 5 - Presença de eflorescência

A Fig. 5 indica uma patologia bastante freqüente: a eflorescência. Por si só, ela não representa riscos à estrutura, apenas prejudica a estética. Causada pela lixiviação do hidróxido de cálcio, é caracterizada pelo depósito de sais na superfície do concreto, gerando manchas esbranquiçadas nas superfícies verticais. O fenômeno da lixiviação pode levar a um acréscimo na porosidade, diminuindo a resistência e aumentando a permeabilidade, tornando o concreto mais vulnerável a outros ataques.

B) CÓRREGO SANTA INÊS

Esse córrego possui pedras como revestimento lateral, tendo apenas uma parte revestida em concreto. Conforme a Fig. 6, as patologias encontradas são as mesmas já citadas anteriormente, como a desagregação do concreto – e, conseqüentemente, a corrosão das armaduras – e a eflorescência. Tais ocorrências são influenciadas pela presença de águas servidas (esgoto) no interior do córrego.

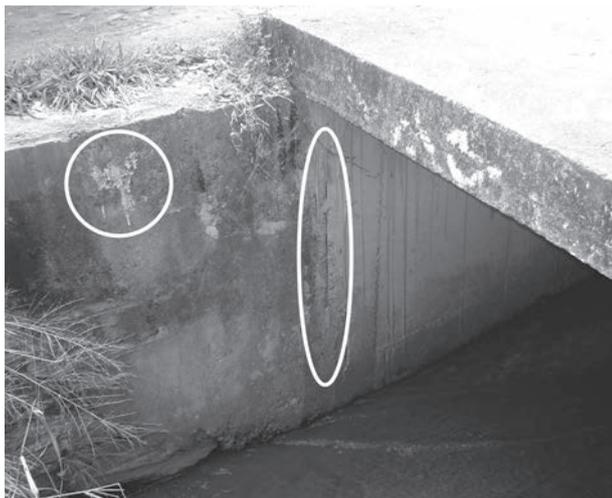


Figura 6 - Desagregação do concreto e eflorescência

GALERIAS

Por serem locais fechados, as galerias apresentam o grande problema de confinamento de gases tóxicos e, conseqüentemente, um ataque maior ao concreto pelo meio agressivo. As patologias encontradas possuem um grau de comprometimento da estrutura muito maior do que aquelas encontradas nos canais abertos, comprovando a atuação mais significativa de substâncias nocivas.

Pelas Fig. 7 e 8, nota-se uma grande perda da área de concreto que compromete a estabilidade da estrutura. Na Fig. 7, a perda da seção da laje do teto se deu pelo ataque químico no interior da galeria, somado à presença de infiltrações. Foi colocado um fundo de madeira para se evitem acidentes até que a recuperação

fosse realizada. Já a Fig. 8 representa uma perda de seção na laje de fundo, tanto do concreto quanto da armadura, devida ao ataque químico pela água contaminada e ao desgaste por abrasão. Em ambos os casos, o nível de extensão da patologia é alto, o que compromete significativamente o funcionamento da estrutura e possibilita a ocorrência de acidentes.



Figura 7 - Perda de seção na laje de teto



Figura 8 - Perda de seção na laje de piso

Além das patologias citadas anteriormente, também podem ser encontradas perdas de concreto na parede lateral do canal e interferências que prejudicam o desempenho da estrutura. No primeiro caso, conforme mostra a Fig. 9, houve uma perda de seção na parede do canal, que pode ter sido iniciada com um deslocamento da superfície, ocasionado pela falta de resistência dos tijolos cerâmicos à sobrecarga do solo, e agravada pela presença de ataques químicos. No segundo caso, podem ocorrer situações em que alguns elementos atrapalhem o funcionamento de determinada estrutura, como é o caso da Fig. 10, em que um tirante penetrou no interior da galeria, bloqueando parcialmente a passagem de água e servindo como barreira para depósitos de sedimentos em sua base.



Figura 9 - Perda de seção em parede



Figura 10 - Tirante no interior da galeria

DISCUSSÃO

SOLUÇÕES PROPOSTAS

Serão apresentadas algumas soluções de reparo e recuperação para os casos descritos anteriormente, levando-se em conta as condições do local e os procedimentos mais adequados em cada situação.

CANAIS ABERTOS

O primeiro passo a ser tomado é a execução de um tratamento adequado do substrato (superfícies de concreto e aço), cujas finalidades básicas são retirar o material deteriorado ou contaminado e propiciar melhores condições de aderência entre o substrato e o material de reparo, recuperação ou reforço.

Para as situações em que há armadura exposta, seja pelo desgaste por abrasão (Fig.1-A), seja por desagregação do concreto (Fig.1-B), o tratamento do substrato é de extrema relevância. Primeiramente, o que deve ser feito é uma escarificação manual, a fim de se retirar o concreto deteriorado na região. Em seguida, segue-se pela limpeza da armadura, retirando-se os produtos de corrosão. Caso a armadura tenha sido comprometida (perda de seção útil), deve-se optar pela retirada da região danificada, acrescentando-se em torno de 20 cm para cada extremidade, substituindo-a por uma nova barra, de mesmo diâmetro. Se a armadura não estiver comprometida, após a limpeza do local, aplica-se uma argamassa de resistência adequada (tipo micro-concreto) na área afetada. É conveniente aplicar inibidores de corrosão nas barras para se evitar a continuidade ou o início do processo de corrosão.

No caso da mancha por umidade (Fig. 2 e 3), que não apresenta grandes problemas à estrutura, deve-se proceder à limpeza do local, através de lixamento ou escovamento manual do concreto. Em locais onde tais manchas são indesejáveis, sugere-se a colocação de uma pingadeira no fim da escada de drenagem, de modo a impedir que a água escoe diretamente sobre a superfície da parede. No entanto, é importante ressaltar que a presença de tais manchas não causa alterações significativas no funcionamento hidráulico do canal.

A vegetação presente na junta de dilatação mostrada na Fig.4 deve ser retirada e, posteriormente, a junta deve ser recomposta. A vegetação pode danificar partes internas, além de criar tensões que propiciam a abertura de fissuras existentes. O material a ser colocado na junta deve ser flexível, com características elastoméricas, a fim de não impedir a movimentação das lajes de fundo devida à dilatação térmica.

Para as eflorescências (Fig.5 e 6), deve-se realizar a limpeza do local, por lixamento manual ou com auxílio de produtos que facilitem sua remoção, como o ácido muriático. Vale ressaltar que o uso desse ácido necessita de cuidados especiais, em virtude da possibilidade de ataques por cloretos ao concreto.

GALERIAS

As galerias, por serem estruturas confinadas, normalmente a baixo do nível das ruas, e de difícil acesso, apresentam patologias em níveis mais avançados, como mostrado no item anterior. Dessa forma, as soluções propostas envolvem praticamente a reconstrução da área danificada.

Inicialmente, o que se propõem é uma limpeza da área através de jateamento com água sob pressão, a fim de retirar toda sujeira ou impregnação presente. Em seguida, procedimentos de recuperação da armadura devem ser adotados para finalmente

preencher a parte danificada com concreto, tendo-se o cuidado de manter o cobrimento estabelecido por norma.

Em casos onde, além de perda da seção de concreto, ocorre perda de solo (Fig. 9), a complementação com alvenaria torna-se necessária.

Por último, os casos nos quais há a presença de estruturas indevidas, como tirantes e tubulações, a solução é a remoção desses últimos, seguida pelo tratamento das paredes danificadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de manutenção nas estruturas de macrodrenagem de Belo Horizonte tem levado a um grande aparecimento de patologias naquelas revestidas em concreto. Como mostrado, as galerias se destacam por apresentar anomalias em estágio avançado. Muito provavelmente, a existência de águas servidas junto às águas pluviais é responsável pela aceleração do processo natural de desgaste dos dispositivos construídos em concreto. Com a criação de um ambiente não previsto em projeto, vários fatores contribuem para o agravamento dos danos, tais como cobrimento insuficiente ao meio agressivo, fck inadequado e concreto com agregados não resistentes à abrasão.

De uma forma geral, a presença de patologias em estruturas hidráulicas pode causar perda significativa da capacidade de escoamento, além de graves acidentes. Um exemplo é o rompimento de galeria caso a mesma entre em funcionamento forçado, devido à obstrução do escoamento. A Tab. 1 indica o grau de comprometimento hidráulico (perda da capacidade funcional da estrutura) para cada tipo de patologia encontrada nos estudos de caso.

Tabela 1- Grau de comprometimento hidráulico para diferentes patologias em concreto

Patologia	Grau de comprometimento hidráulico
Eflorescência	Baixo
Surgimento de Vegetação	Médio
Desagregação do Concreto	Médio
Desagregação do Concreto e exposição da armadura	Alto
Perda de seção	Alto
Intrusão de objetos indesejáveis	Alto

Finalmente, cabe ressaltar que o custo de reparo de patologias em estágio avançado é bastante alto, o que torna a opção de manutenção e inspeção constante uma solução mais viável financeiramente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à engenheira Silvana Trigueiro Perez, do Grupo Gerencial de Apoio à Manutenção de Drenagem – GGDRE/SUDECAP e ao professor Élvio Mosci Piancastelli, pela colaboração ao desenvolvimento desse trabalho.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO NETTO, Miguel Fernandez; FERNANDEZ, Roberto de Araújo. *Manual de hidráulica*. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998. 669p.

BAPTISTA, Márcio Benedito e COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. *Fundamentos de engenharia hidráulica*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002. 435p.

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; CIRILO, José Almir. *Hidráulica aplicada*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 619p.

Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. Ed. Geraldo C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005. vol. 2, p. 953-1158.

Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. Reparación, refuerzo y protección. Paulo Helene & Fernanda Pereira, editores. São Paulo, 2003. 775 p.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: PINI, 1998. 255 p.

THOMAZ, Ercio. *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: PINI, 1989. 187 p.