

Atividades de reabilitação nas unidades operacionais, das estruturas do concreto utilizadas nas obras de saneamento

Yoshiki Yamada (1)
Edson Santana Borges (2)
José Antonio Soares de Oliveira (3)

1 — INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo mostrar aos técnicos de saneamento básico uma visão geral dos problemas diagnosticados e suas consequências prejudiciais ao sistema de operação, caso não haja serviços adequados de manutenção preventiva seguidos de corretivos aos mesmos.

No campo de Patologia das Estruturas de Concreto para obras de saneamento, os problemas mais comumente encontrados têm como causa a corrosão provenientes das infiltrações de agentes agressivos através das porosidades e/ou fissuras existentes no mesmo.

A ausência de precauções a nível de projeto, associada à má execução, pode criar condições favoráveis à deterioração das estruturas, principalmente, aquelas destinadas às obras de saneamento, devendo em primeiro lugar, fundamentar-se a estanqueidade da mesma, isto é, procurar obter o concreto final com menor índice de permeabilidade e isto se consegue através da escolha de materiais adequados, cuidados especiais para dimensionar o recobrimento das armaduras, precauções durante o lançamento de concreto para evitar segregações, adensamentos, dosagens, tratamentos superficiais etc. . . .

Diante da complexidade dos problemas encontrados nas instalações operacionais, procuramos enumerar apenas alguns deles, que consideramos de maior gravidade, merecendo comentários a respeito, englobando dentro do assunto que denominamos de recuperações.

2 — RECUPERAÇÕES

Os procedimentos para execução de serviços de recuperação das estruturas de concreto que compõem o sistema de unidades operacionais, podem ser resumidos conforme segue:

2.1 — Inspeções

Estas devem obedecer ao programa de paradas previamente definidas pelo centro de controle de operação e consiste na verificação *in loco* da ocorrência de trincas, fissuras, concreto desagregado, falhas, armaduras sem recobrimentos, argamassa de recobrimento sofrendo ataque químico ou orgânico e quaisquer outras anomalias possíveis de ocorrerem.

Essa vistoria é sempre acompanhada do levantamento geométrico das peças estruturais que permita posteriormente uma análise dos problemas existentes, além de catalogarmos cada trinca, cada fissura, enfim, cada irregularidade através do mapeamento de sua posição, orientação, número, frequência, extensão e abertura para análise posterior a fim de fornecer indicadores das causas que as tenham motivado.

Durante as inspeções temos que levar em conta sempre os seguintes aspectos:

2.1.1 — Detectar se as fissuras existentes ocorrem nos elementos estruturais ou apenas se localizam no material de acabamento.

2.1.2 — Analisar se as fissuras existentes nos elementos estruturais são superficiais ou profundas. No caso de vigas a profundidade é fácil ser notada já que temos as faces laterais livres. Se for a parede do reservatório e a mesma do lado externo estiver enterrada, é conveniente recorrer-se à extração de corpos de prova. No caso de piso, realizamos uma sondagem, pois se a fissura estiver permitindo a infiltração de águas o solo abaixo pode estar todo erodido.

A detecção dessa profundidade de fissura é de suma importância pois a partir daí podemos avaliar o grau de capacidade resistente que ainda conserva a peça para transmitir esforços.

2.1.3 — Acompanhamento da abertura das fissuras consideradas críticas, próxima das armaduras principais, pois estas podem ser fontes de corrosão dessas armaduras e conseqüentemente provocar a redução da capacidade resistente das mesmas, podendo chegar inclusive à destruição da peça estrutural.

2.1.4 — Através das inspeções periódicas fazemos um acompanhamento da evolução do estado de fissuração, aspecto este importante para se notar se produziu a estabilização, que é caracterizada pela não variação da abertura.

Esta não variação pode ser estática ou dinâmica: estática quando ao atingir certo valor fica fixa não se movimentando mais; dinâmica quando oscila entre dois valores máximos ao redor de um valor fixo. São as chamadas "fissuras mortas" e "fissuras vivas".

2.1.5 — Um local que sempre nos chama atenção devido aos problemas que apresentam é a cobertura.

Area de difícil controle quando da construção, devido ao tráfego de operários normalmente ali existente, encontramos quase sempre lajes e vigas subarmadas, sem ferragens negativas, ferros espaçados irregularmente, pastilhamento inadequado tendo como conseqüência o aparecimento de todos os tipos de problemas possíveis. Como sabemos, o cobrimento da armadura com o concreto tem a finalidade de proteger fisicamente a ferragem, propiciando um meio alcalino, capaz de impedir a corrosão por passivação. Principalmente em algumas áreas de construção mais antiga, as superfícies

(1) Engenheiro Civil — Chefe da Divisão de Manutenção Civil, Superintendência de Manutenção, Diretoria de Operação da Região Metropolitana — Sabesp.

(2) Engenheiro Civil — Engenheiro responsável pela Sisma-Prev. Civil, Divisão de Manutenção Civil — Superintendência de Manutenção, Diretoria de Operação da Região Metropolitana — Sabesp.

(3) Engenheiro Civil — Divisão de Manutenção Civil, Superintendência de Manutenção, Diretoria de Operação da Região Metropolitana — Sabesp.

expostas podem ter reduzidas a alcalinidade que no caso é obtida, principalmente pela presença de hidróxido de cálcio liberado durante as reações de hidratação.

A redução da proteção química do concreto ao aço ocorre devido à presença de CO_2 na atmosfera, além de outros gases ácidos, que de forma lenta reagem com o hidróxido de cálcio dando carbonato de cálcio onde o pH de precipitação é de cerca de 9,4 à temperatura ambiente. Isto altera as condições de estabilidade da capa passivadora do aço, que como sabemos é estável com pH acima de 12.

Outras vezes o cobrimento inadequado em lajes e vigas provoca já de início a corrosão que se torna progressiva com a consequente formação de óxidos/hidróxidos de ferro, fazendo com que os elementos da armadura passem a ocupar volumes até dez vezes superior ao original, desenvolvendo aí forças de expansão de até 15 MPa.

Essas tensões de início causam a fissuração do concreto numa direção paralela à armadura corroída favorecendo a seguir a carbonatação com a consequente penetração dos agentes agressivos já citados, causando posteriormente o lascamento do concreto.

A carbonatação percebe-se ser muito mais intensa nas áreas próximas aos acessos dos reservatórios, ou qualquer local onde haja renovação permanente de oxigênio, consequentemente maior frequência de aquecimentos e resfriamentos, com umidade relativa maior que 65%, temperatura ambiente próxima dos 23°C, se comparado com ambientes úmidos, por exemplo, interior e locais afastados do acesso aos reservatórios, onde há presença de gotículas d'água, resultado da condensação do vapor, que diminui a permeabilidade do CO_2 no concreto.

Em geral a fissuração acompanha a direção da armadura principal e dificilmente a dos estribos, pois estes estão na direção perpendicular ao maior esforço de compressão.

Com o lascamento ou fissuração a armadura fica exposta à atmosfera passando a sofrer a ação direta dos elementos agressivos.

Outro detalhe também sempre nítido é que esses problemas são muito acentuados nas peças que trabalham a tração, quando comparados com os componentes submetidos predominantemente a esforços de compressão, sendo que o mesmo acontece nas regiões angulosas como arestas e "cantos vivos" da estrutura.

Locais como coberturas expostas à radiação solar durante o dia e à friagem, à noite, sempre há o risco de condensação, principalmente na parte

inferior da laje, quando se trata de reservatórios de água e mesmo na superior.

Esses ciclos de molhagem e secagem alternados contribuem para a aceleração da velocidade de lixiviação do hidróxido de cálcio, causando carbonatação precoce e baixa alcalinidade do concreto.

Locais úmidos e com baixa ventilação também são mais sujeitos a corrosão, pois podem dar origem a bolor e fungos que liberam em seu metabolismo produtos orgânicos ácidos que irão contribuir para o aumento da carbonatação e baixa do pH de cobrimento do concreto.

2.1.6 — Nas cotas inferiores dos reservatórios, mais propriamente junto aos pés de pilares e mísulas, ocorre uma elevada deposição de elementos químicos que aí se decantam por gravidade, causando no concreto a sua desagregação por ação de reação química.

O cimento vai perdendo sua característica de aglomerante fazendo com que os agregados liberados da união inicialmente proporcionada pela pasta comecem a se soltar mudando totalmente a característica geométrica inicial das peças, perdendo em consequência suas resistências mecânicas, acabando por converter-se a peça numa massa incoerente

Essa desagregação se inicia na superfície dos elementos de concreto sendo perceptível a mudança da coloração à qual se segue um aumento da espessura das fissuras entrecruzadas que aparecem exatamente por este motivo. É o tipo de fenômeno que ocorre, principalmente, originado da falta de compacidade do concreto ou mesmo cimento inadequadamente utilizado no meio com o qual vai estar em contato.

3 — DIAGNÓSTICO

Com base na inspeção realizada elaboramos um relatório fotográfico mostrando as reais condições em que se encontra a estrutura indicando ainda as providências que consideramos cabíveis para a recuperação das áreas afetadas.

A seguir fazemos uma análise de todas as alternativas técnicas possíveis onde é descrito em detalhes cada método de execução e, posteriormente, um estudo comparativo de custos entre cada solução para se chegar à escolha daquela mais adequada. Nem sempre a opção recai sobre a de menor custo. Este estudo requer uma certa flexibilidade já que sempre na hora da execução torna-se necessário

fazer modificações nas soluções inicialmente propostas, pois a realidade do problema estrutural somente pode ser confirmada durante a execução da obra, onde teremos então uma visão nítida das regiões comprometidas, quaisquer anomalias que estiverem camufladas irão aparecer e os defeitos estarão totalmente desmascarados.

O estudo de recuperação busca sempre devolver à estrutura as condições exigidas no projeto original ou quando não, adaptá-la às possíveis sobrecargas não previstas através de reforços adequados. Alie-se a isto a importância de uma definição clara das características dos materiais a serem utilizados tomando cuidados com a utilização de produtos similares, pois nem sempre estes apresentam propriedades específicas necessárias.

4 — DEFEITOS LOCALIZADOS

Genericamente os defeitos detectados nas inspeções têm suas origens na fase de execução da obra, ou seja, mais especificamente na concretagem das estruturas, falhas estas devido à falta de acompanhamento adequado de serviços pelos técnicos especializados no ramo.

Maior frequência de defeitos observados são do tipo bicheiras ou falhas originadas da dosagem de materiais e/ou adensamentos inadequados, fissuras de retração proveniente do mau dimensionamento durante o projeto e/ou controle da cura do concreto, fissuras provocadas por variações térmicas, inobservância dos recobrimentos das armaduras, ausência das ferragens negativas, superdimensionamento de armaduras em peças esbeltas, ausência de inspeções periódicas (problemas superados atualmente na Sabesp), juntas de dilatação mal executadas, juntas de concretagem etc. ...

5 — TRATAMENTOS CORRETIVOS

Os tratamentos corretivos propostos a seguir são resultantes das experiências colocadas em prática na Sabesp pela unidade executante de Manutenção Civil da Região Metropolitana de São Paulo, cujos resultados em sua grande maioria têm sido satisfatórios com durabilidade superior a dez anos.

5.1 — Bicheiras ou falhas

Partindo do princípio de utilização da solução econômica, adotamos correções singulares, isto é, não utilização de produtos importados, reservando suas aplicações apenas nos casos extremos. Assim sendo, passamos a desenvolver e sistematizar o uso de soluções do tipo "Dry-Pack" (anexo 1) para as pequenas falhas e reconcretação para os casos que envolvem grandes dimensões (fig. 1).

ANEXO I

"DRY-PACK"

Técnica utilizada para reparos nas estruturas de concreto que consiste na mistura de areia média lavada completamente seca, de primeira qualidade e cimento de boa qualidade na proporção de 2,5 : 1; homogeneizar a mistura com adição de água limpa até o ponto de se fazer "bolos" com as mãos sem que estas fiquem molhadas.

A mistura assim preparada deverá ser aplicada em camada, não superiores a 1 (um) centímetro de espessura e socadas com martelo ou soquetes de madeira de tamanhos convenientes para a área de trabalho; repetir o processo até que o vazio esteja completamente cheio, retirando o excesso com colher de pedreiro e executar serviço de acabamento umedecendo levemente o local com auxílio de uma broxa e alisando com a colher ou desempenadeira de aço.

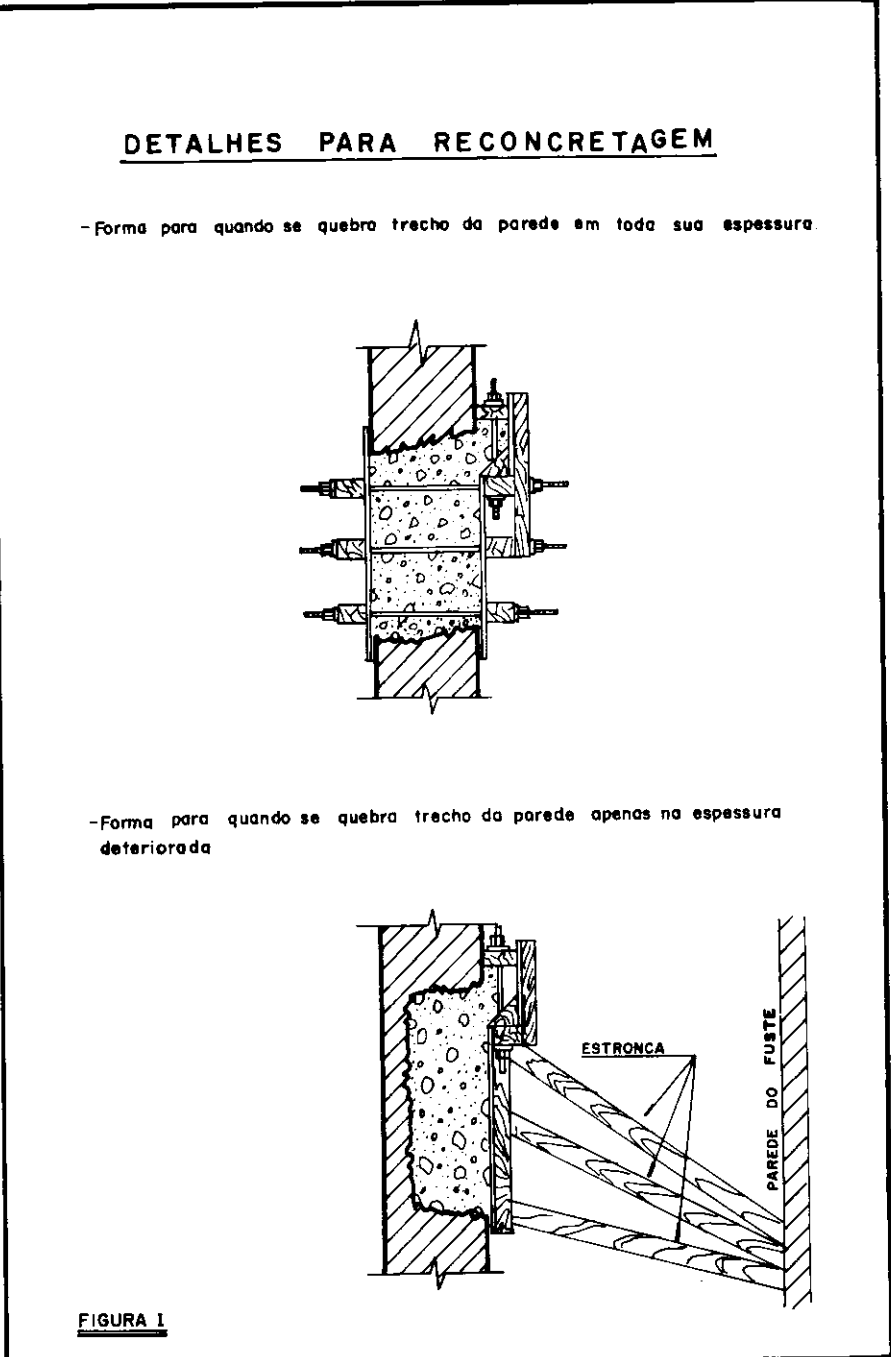
A aplicação da mistura deverá ser precedida do preparo da área afetada por "bicheiras", "falhas" ou juntas frias mal executadas no concreto, conforme sequência abaixo:

- 1) remover totalmente as áreas afetadas com auxílio de equipamentos e ferramentas apropriadas;
- 2) retirar todo o material solto com auxílio de jato de água limpa ou ar;
- 3) umedecer com água limpa;
- 4) lançar camada fina de pó de cimento;
- 5) umedecer o cimento com auxílio de uma broxa retirando o excesso de água;
- 6) preencher o vazio com a mistura "Dry-Pack" compactando em várias camadas com martelo ou soquetes de madeira.

5.2 — Fissuras ou trincas

Consideramos como fissuras as fendas estreitas de origens diversas, cujas características físicas de trabalho podem ser estáticas e dinâmicas. Conotações semelhantes podemos dar às trincas, porém diferenciando no que se refere às aberturas das fendas.

As fissuras estáticas na maioria dos casos, principalmente nas estruturas de saneamento, se autocolmatam com a formação de microcristais de carbonato de cálcio nas suas entranhas, o que não ocorre com as trincas, para as quais buscamos soluções, entre outras, as injeções de resinas epoxídicas para garantir a estanqueidade das infiltrações e proteções das armaduras,



soluções, estas, aplicadas após o esgotamento de alternativas mais econômicas.

Para as fissuras e trincas consideradas dinâmicas, o trabalho de correção se desenvolve no sentido de transformar má-las em juntas de trabalho (fig. 2).

5.3 — Ausência de recobrimentos

As manifestações que acusam este tipo de problema nas estruturas aparecem sob forma de manchas escuras provocadas pela presença de óxido de ferro (fotos 1 e 2).

A execução de serviços corretivos se inicia com remoção total das áreas afetadas, utilizando-se de equipamentos apropriados para tais finalidades

como desincrustadores pneumáticos e jatos de areia; prossegue-se com as análises para mensurar o grau da deterioração das armaduras. Conforme o resultado, as estruturas recebem reforços adicionais para garantir a sua estabilidade.

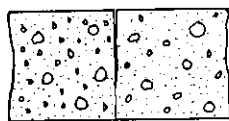
Normalmente, os cobrimentos adicionais são executados com argamassa do tipo cimento e areia em várias camadas, utilizando em alguns casos extremos adesivos à base de resinas epoxídicas ou mesmo concreto projetado.

5.4 — Tratamento superficial

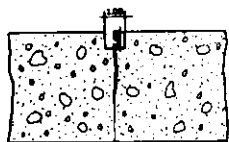
Consiste na execução de serviços com a finalidade de proteger as estru-

CORREÇÃO COM MÁSTIQUE

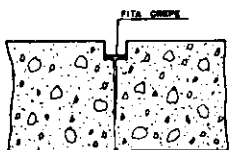
RECUPERAÇÃO DE TRINCAS NÃO CORRIGIDAS ANTERIORMENTE.



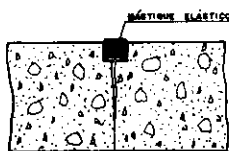
SITUAÇÃO ATUAL - Trinca aberta



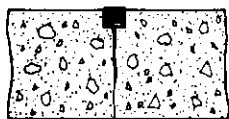
PROCEDIMENTO - Fazer ao longo da trinca, uma abertura na proporção 1/1 para aplicação do mástique.



Colocação de fita crepe para que o mástique tenha aderência apenas nos laterais da junta.



Preenchimento com mástique elástico.

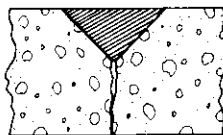


SOLUÇÃO FINAL - Correção da superfície do mástique e aspecto final.

FIGURA 2a

CORREÇÃO COM MÁSTIQUE

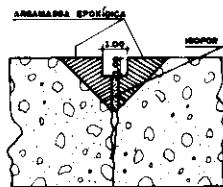
RECUPERAÇÃO DE TRINCAS JÁ CORRIGIDAS ANTERIORMENTE



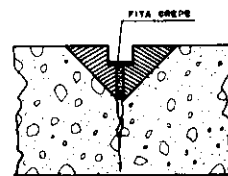
SITUAÇÃO ATUAL - Trinca corrigida com argamassa de cimento e areia.



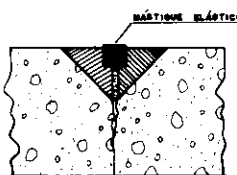
PROCEDIMENTO - Remover a argamassa existente.



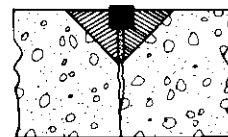
Preencher o local com argamassa epóxica, deixando uma abertura na proporção 1/1 para aplicação do mástique.



Colocação de fita crepe para que o mástique tenha aderência apenas nos laterais da junta.



Preenchimento com mástique elástico



SOLUÇÃO FINAL - Correção da superfície do mástique e aspecto final.

FIGURA 2b

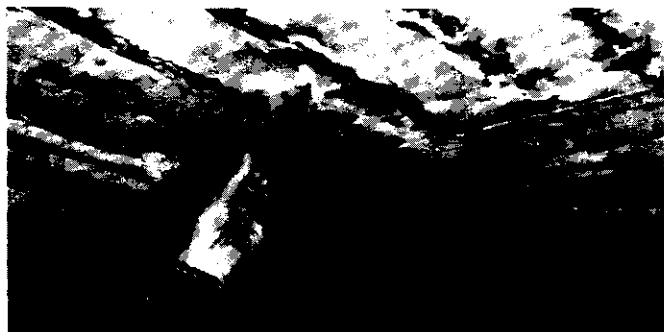


Foto 1 - Percebe-se aí o aumento do volume da ferragem oriundo da corrosão, expulsando a capa de revestimento do concreto



Foto 2 - Vista geral de uma área de laje de cobertura sob intensa corrosão

turas contra a ação de agentes agressivos que percolam através da porosidade, fissuras ou trincas.

Entre as diversas formas de executar os serviços, a proteção superficial por meio de pinturas com produtos anticorrosivos, de baixa permeabilidade como resinas epoxídicas e resinas poliésteres são comumente utilizadas.

Convém lembrar que a escolha de materiais adequados para cada caso e local onde estão sendo aplicados são de extrema importância, pois são poucos os produtos encontrados no mercado que satisfazem a finalidade.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) - IBRACON - Anais do Colóquio "Durabilidade do Concreto" - 1972.
- 2) - ELADIO G. R. PETRUCCI - Patologia das Estruturas - Um Desafio à Engenharia. Anais do 1.º Ciclo de Palestras - 1972.
- 3) - BASILIO, FRANCISCO ASSIS - Durabilidade dos Concretos: Permeabilidade, Corrosão Eletrolítica - São Paulo, ABCP - 1972.
- 4) - CALLEJA CARRETE, J. e GARCIA de Paredes, Pablo Garcia - Sobre los metodos para el estudio de la durabilidad de los conglomerados hidraulicos. Materiais de Construcción

- Ultimos Avances (137) - jan./mar. 1970.

- 5) - Técnicas de reparos em estruturas hidráulicas - Comasp - 1971
- 6) - Patologia y Terapeutica Del Hormigon Armado de Manuel Fernandez Canovas.
- 7) - Deterioro, Conservacion y Reparacion de Estructuras - SIDNEY M. JOHNSON.
- 8) - Reforço de Construções Existentes de Concreto Mediante Armações Coladas. Eng. Civil SIA F. HUGENS-CHMIDT.
- 9) - Resinas Epóxi na Construção Civil - Eng. PAULO R. DO L. HELENE.