

Instituto Brasileiro de Avaliações  
e Perícias de Engenharia  
de Minas Gerais

*TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE  
CONCRETO ARMADO SOB EFEITO DA  
CORROSÃO DAS ARMADURAS*

*Clémenceau Chiabi Saliba Júnior*



## TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SOB EFEITO DA CORROSÃO DAS ARMADURAS <sup>(1)</sup>

Clémenceau Chiabi Saliba Júnior <sup>(2)</sup>

### RESUMO

Este artigo aborda algumas técnicas de recuperação de estruturas de concreto armado quando atacadas pela corrosão de armaduras. Devido a freqüência com que ocorre e suas conseqüências danosas as estruturas, a corrosão das armaduras pode ser considerada a principal manifestação patológica do concreto armado. Invariavelmente, a corrosão pode ser verificada quando a camada de concreto responsável pela proteção as suas armaduras não atinge o seu objetivo. Para aumentar a vida útil dessas estruturas, algumas técnicas tradicionais foram estudadas e acompanhadas pelo autor em diversas obras durante os últimos dez anos. Essas técnicas são descritas e suas vantagens e desvantagens abordadas em cada situação.

Palavras-chaves: Corrosão; estruturas; concreto armado; recuperação de concreto

- 
- (1) Contribuição técnica ao professor e colegas da disciplina: Reologia e Tecnologia do Concreto, do curso de mestrado do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção - DEMC da UFMG, 24 de julho de 2008.
- (2) Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Mecânica; Aluno de doutorado do curso de pós graduação em engenharia de Minas e Metalurgia – DEMET, da UFMG; Belo Horizonte-MG.

## 1. INTRODUÇÃO

Pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica. Basicamente, são dois os processos principais de corrosão que podem sofrer as armaduras de aço para concreto armado: a oxidação e a corrosão propriamente dita.

Por oxidação entende-se o ataque provocado por uma reação gás-metal, com formação de uma película de óxido. Este tipo de corrosão é extremamente lento à temperatura ambiente e não provoca deterioração substancial das superfícies metálicas, salvo se existirem gases extremamente agressivos na atmosfera.

Este fenômeno ocorre, preponderantemente, durante a fabricação de fios e barras de aço. Ao sair do trem de laminação, com temperaturas da ordem de 900 °C, o aço experimenta uma forte reação de oxidação com o ar ambiente. A película que se forma sobre a superfície das barras é compacta, uniforme e pouco permeável, podendo servir até de proteção relativa das armaduras contra a corrosão úmida posterior, de natureza preponderantemente eletroquímica.

Antes de o aço sofrer trefilação a frio, para melhoria de suas propriedades, esta película, denominada carepa de laminação, deve ser removida por processos físicos, do tipo decalaminação, ou químicos, do tipo deca-pagem com ácidos. A película inicial é substituída por outra de fosfato de zinco ou de hidróxido de cálcio, que são utilizados como lubrificantes do processo podendo ser, à semelhança da primeira, débeis protetoras do aço contra a corrosão úmida.

Por corrosão propriamente dita entende-se o ataque de natureza preponderantemente eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. A corrosão acontece quando é formada uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. Esta película é causada pela presença de umidade no concreto, salvo situações especiais e muito raras, tais como dentro de estufas ou sob ação de elevadas temperaturas (> 80 °C) e em ambientes de baixa umidade relativa (U.R.< 50%). Este tipo de corrosão

é também responsável pelo ataque que sofrem as armaduras antes de seu emprego, quando ainda armazenadas no canteiro. É o tipo de corrosão que o engenheiro civil deve conhecer e com a qual deve se preocupar. É melhor e mais simples preveni-la do que tentar saná-la depois de iniciado o processo.

Embora num processo corrosivo sempre intervenham reações químicas e cristalizações de natureza complexa, será apresentado, a seguir, um modelo simplificado das técnicas mais usadas na recuperação das estruturas de concreto sob ação da corrosão e as ferramentas básicas para sua prevenção.



Fig. 1 – Corrosão generalizada em estrutura de Adutora em Betim – MG. <sup>(6)</sup>

## 2. REVISÃO

A recuperação deste tipo de fenômeno patológico - corrosão de armaduras - é delicada e requer mão-de-obra especializada. Consiste basicamente de cinco etapas, descritas a seguir:

- a) Determinar a causa do defeito. Somente após eliminá-la, executar o reparo no concreto, exceto em casos de emergência.

- b) Selecionar um material de qualidade reconhecida, apropriado para as recuperações em concreto, que possua características físico-químicas e performances compatíveis com o projeto original.
- c) Escolher o método de aplicação adequado ao material selecionado acima, objetivando obter seu melhor desempenho.
- d) Preparar corretamente o substrato a ser reparado, deixando-o livre de concreto solto, óleos, graxas, etc. e com forma geometricamente simples. No caso de materiais base mineral (cimento portland), saturá-lo com água. Já no caso de materiais a base de epoxy, esse substrato deverá estar seco.
- e) Uma aplicação bem executada e uma cura eficiente irão proporcionar um reparo duradouro, e, na maioria das vezes, melhor até que a estrutura de concreto original.

Uma especial atenção deve ser observada nos procedimentos de aplicação do material. Detalhamos a seguir alguns desses aspectos diretamente envolvidos com as técnicas de recuperação e restauração das estruturas afetadas.

- Remover completamente todo concreto fraco, solto, laminado ou trincado, óleos, graxas, sais e quaisquer outras contaminações existentes. Utilizando as ferramentas adequadas ao tipo de serviço, preparar o substrato de forma rugosa, sólida e limpa.
- O perímetro do reparo deverá ter forma geometricamente simples, evitando-se excesso de quinas, como observado na Figura 2.

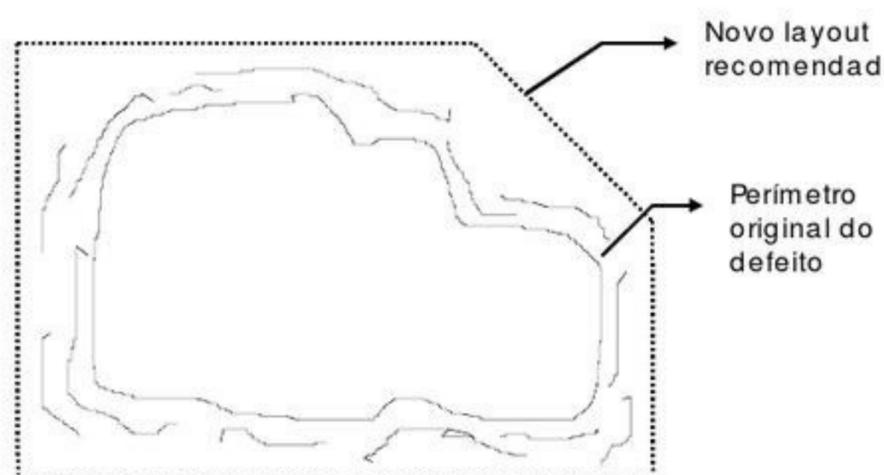


Fig. 2 - Resumo esquemático do perímetro ideal para reparos em concreto. <sup>(6)</sup>

- Os ângulos de corte deverão ser retos, não sendo recomendadas grandes variações da profundidade do corte e escarificação.
- Limpar toda a armadura que estiver com sinais de corrosão, seja por meio manual (escova de aço) ou mecânico (pistola de agulha ou hidrojato), recompondo as barras que tiverem mais de 20% do seu diâmetro perdido.
- Todas as juntas deverão ser reconstituídas. Novas juntas poderão ser necessárias. Verificar com o projetista os detalhes e desenhos.
- Realizar análise criteriosa da possível redução de seção transversal das armaduras atacadas. Se viável, esta análise será feita através de ensaios comparativos de resistência entre peças sadias e as mais atingidas. Se necessário, colocar novos estribos e/ou novas armaduras longitudinais.
- Sempre que se empregar solda, esta deve ser à base de eletrodos, controlando-se o tempo e a temperatura a fim de evitar a mudança da estrutura do aço, principalmente se este for de classe B (EB-3 da ABNT).

### 3. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO SUGERIDAS

Recuperar uma estrutura de concreto, em grosso modo, é devolvê-la às suas condições originais, ou seja, antes de ser atacada pela corrosão das armaduras. Além de remover as oxidações, há ainda a necessidade da reconstrução do cobrimento das armaduras, de preferência com concreto bem adensado. Este cobrimento tem a finalidade de:

- impedir a penetração de umidade, oxigênio e agentes agressivos até as armaduras;
- recompor a área da secção de concreto original;
- propiciar um meio que garanta a manutenção da capa passivadora no aço.

Esse novo cobrimento pode ser executado através de qualquer procedimento que atenda a esses requisitos como:

- Concretos e argamassas poliméricas obtidas de mistura de argamassas convencionais com resinas à base de metil metacrilato ou até mesmo epoxy. Têm consistência tixotrópica, alta durabilidade, impermeabilidade, aderência ao concreto "velho" e à armadura, porém são ideais para reparos localizados em pequenas áreas, não necessitam fôrma e requerem mão-de-obra especializada e testes prévios de desempenho, pois há muita flutuação nas características desses produtos. Esses concretos e argamassas têm a vantagem de não acarretarem problemas estéticos, pois podem ser moldados em pequenos "espaços" disponíveis. Em geral são tem preço bem elevado.



Fig. 3 – Recuperação de concreto armado com argamassa polimérica em MG. <sup>(6)</sup>

- Concreto projetado com espessura mínima de 50 mm. O concreto projetado tem boa aderência ao concreto "velho" e não requer fôrmas, ideal para grandes áreas, como paredes, mas tem a desvantagem de acarretar muita reflexão (perda de material) e "sujar" o ambiente.
- Concretos e argamassas especiais para "grauteamento". Esses produtos não apresentam retração, têm boa aderência e podem ser autoadensáveis, não exigindo aumento de secção além da original; porém, inconvenientemente, requerem fôrmas muito estanques. Tem sua principal aplicação em locais

densamente armados ou com dificuldade de acesso, pois podem ser facilmente bombeados; Em caso de bombeamento, a aplicação deverá ser de modo contínuo até o completo preenchimento do reparo (verificar pelos suspiros). Vedar os suspiros; aumentar, então, a pressão da bomba em 5,0 psi e encerrar o bombeamento, tampando o furo de entrada do bico da bomba.

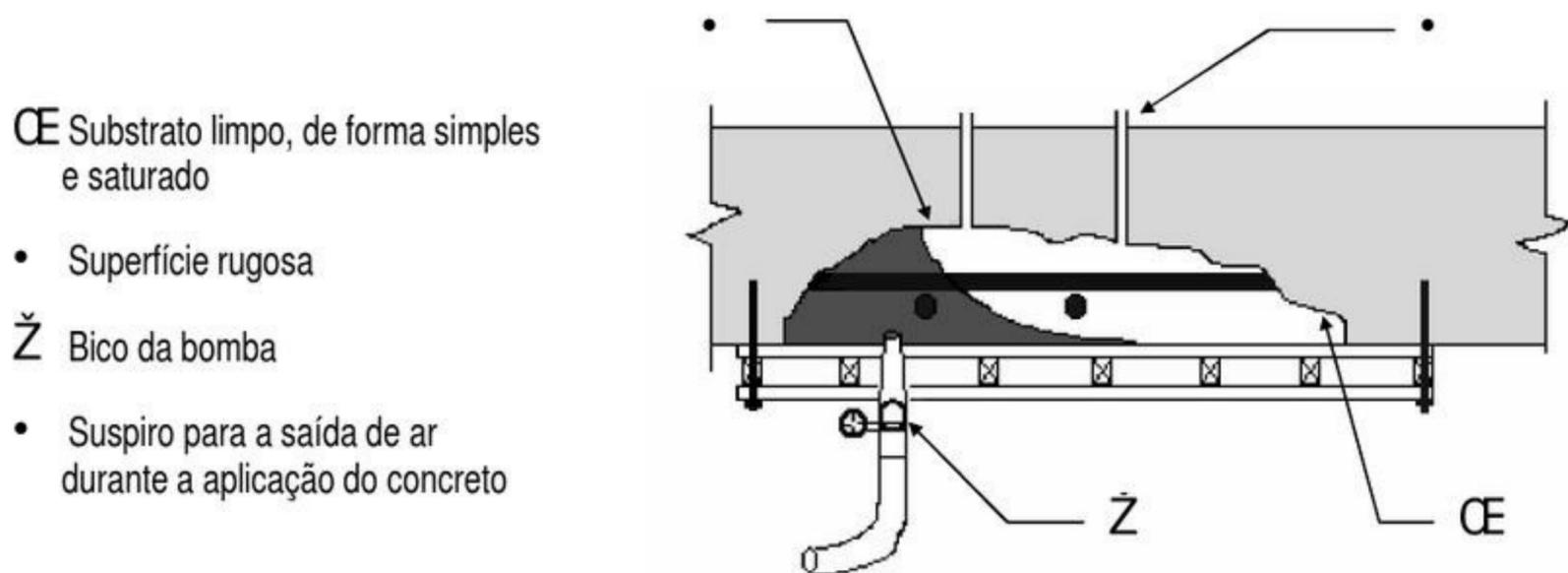


Fig. 4 – Esquema de aplicação de concreto por bombeamento. <sup>(6)</sup>

- Concretos e argamassas "comuns", bem proporcionados, com baixa relação água/cimento e aplicados com fôrma, dentro das técnicas de bem construir. Essa solução geralmente exige grande aumento de seção e requer alto conhecimento de tecnologia de concreto para assegurar a aderência do concreto "velho" ao concreto "novo".

No projeto, deverão ser especificadas as propriedades do material a ser utilizado, como resistências à compressão em várias idades, retração, permeabilidade, resistência à abrasão e aos agentes químicos externos e tensão de aderência. O material do reparo não deverá segregar em nenhuma hipótese e ter uma adesividade satisfatória junto ao substrato, devendo proporcionar um encapsulamento em toda a armadura exposta.

No caso dos materiais auto-aderentes, deverá ser lembrada que na aplicação, uma força entre o material e o substrato deverá existir, afim de proporcionar uma melhor

adesividade. Estas forças variam em cada método de aplicação. No caso de aplicação com espátula, a força será proporcionada pela pressão entre a espátula e o substrato, já no caso do material vertido haverá pressão pelo peso próprio ou, se necessário, pela vibração do material, na estrutura ou nas fôrmas. A pressão pneumática é suficiente no caso de concreto bombeado e finalmente as forças de impacto no caso dos concretos projetados.

É muito importante utilizar técnicas adequadas e materiais que não segreguem durante a aplicação. Qualquer segregação dos componentes do material de reparo provoca uma alteração das suas propriedades físicas e reduz drasticamente a possibilidade de se obter a primeira premissa quando do início dos estudos: restaurar a estrutura o mais próximo possível do especificado no projeto original.

Finalmente, cabe lembrar que, antes de qualquer recuperação, devem ser identificadas e sanadas as causas. Caso isso não seja observado, corre-se o risco de acarretar corrosão em outros locais por haver criado mais descontinuidade na estrutura, além das que originalmente existiam. Quando a causa é devida a cloretos incorporados à massa de concreto, a solução pode não ser simples e, em geral, requer respostas específicas para cada caso.

Na proteção das armaduras de concreto pode ser necessário o emprego de recursos especiais de proteção quando, por exemplo:

- não há como se obter o cobrimento mínimo adequado;
- não há como se impedir o uso ou acesso de agentes agressivos;
- não há como se impedir a existência de correntes de fuga (linhas férreas em geral), que podem causar diferenças significativas de potencial ;
- não há como se impedir a proximidade de metais mais eletropositivos, tais como tubulações de cobre junto à armadura;
- há vantagens econômicas.

A combinação de fatores como o local dos trabalhos, concreto a ser reparado, projeto original e o material do reparo são únicos em cada serviço. Muitas vezes, tentamos copiar uma solução adotada em uma obra que têm propriedades diferentes da nossa, executando um reparo inadequado para as nossas condições. É importante a verificação destes fatores por um projetista ou calculista experiente e a execução por mão de obra qualificada e com serviços similares efetuados.

#### 4. CONCLUSÃO

A corrosão das armaduras no concreto armado é um fenômeno que só ocorre quando as condições de proteção proporcionadas pelo cobrimento de concreto são insuficientes. Essa insuficiência, como visto, pode ser acarretada por agentes com origem em diferentes fontes, sendo sempre necessário identificá-las, a fim de que se possa lograr uma proteção efetiva e duradoura.

Cabe ressaltar que o fenômeno da corrosão de armaduras é mais freqüente do que qualquer outro fenômeno de degradação das estruturas de concreto armado, comprometendo-as tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista de segurança e sendo sempre dispendioso o seu reparo ou recuperação.

Em algumas estruturas, tais como obras marítimas, a incidência de corrosão pode ser mais importante que a própria ação da água de mar sobre o concreto, conclui-se que a deterioração dos pilares e colunas em águas de mar devem-se, principalmente, à corrosão das armaduras.

A fiel observância dos cobrimentos mínimos, da qualidade do concreto e da uniformidade de execução pode evitar esse problema. De qualquer forma, sendo um fenômeno expansivo, na maioria dos casos torna-se visível a tempo, possibilitando a tomada rápida de medidas de recuperação e proteção. Tais medidas devem obrigatoriamente eliminar as causas dessa corrosão objetivando aumento da vida útil da estrutura de concreto armado.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Aïtcin, P. C.; *"High-performance concrete"*, Tradução de Serra, G.G., Editora Pini, Brasil, 667 p., 2000.
2. ANDRADE, C.; *"Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras"*. 1° ed. São Paulo: Pini, 1992
3. BARBOSA, M. T. G.; Seminário Reforço e Recuperação de Estruturas. Universidade Federal de Juiz de Fora, 1998, p. 41-54.
4. Helene, P. R. L.; *"Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto"*, Editora Pini, Brasil, 213 p., 1994.
5. PANNONI, F. D.; *"Fundamentos da Corrosão"*; Disponível em: <[www.cbca-ibs.org.br](http://www.cbca-ibs.org.br)> Acesso em: 15 jun 2008.
6. SALIBA Jr., C. C.; Notas de aula da Disciplina Tópicos Especiais em Edificações do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2008.
7. SILVA, P. F.; *"A Durabilidade da Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana"*. 1° ed. São Paulo: Pini, 1995.
8. SOUZA, V. C. M.; *"Patologia, recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto"*, 1° ed., São Paulo, Pini, 1998.
9. Tula, L., Oliveira P. S. F., Oliveira, R. R.; *"Grautes - uma abordagem atual"*, Artigo técnico publicado na revista Técnica nº 67 p.62-68, Brasil, 80 p., 12/2002.

