

“Influência da ponte de aderência epoxídica e limpeza da armadura no desempenho do reparo localizado em estruturas com problemas de corrosão por íons cloreto”

DUARTE, Raphael Jaques de C. R. [1](#); **FIGUEIREDO**, Enio José Pazini [2](#)

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

Sabe-se hoje que nenhum material estrutural é eternamente durável devido à sua interação com o meio ambiente. No caso das estruturas de concreto armado, a partir da década de 70, foi crescente a preocupação com a deterioração das estruturas e sua durabilidade.

Um extenso levantamento de abrangência nacional a respeito da incidência das manifestações patológicas, realizada por Carmona e Marega (1988) analisou diversos relatórios técnicos de grandes empresas de recuperação estrutural espalhadas por todo o país. Neste levantamento, entre outros aspectos importantes, observou-se uma grande incidência de problemas de corrosão das armaduras, os quais representaram cerca de 31% do total das manifestações patológicas encontradas.

De acordo com Nepomuceno (1992), não existem ensaios normalizados para a caracterização dos materiais de reparo de um ponto de vista de sua eficiência. Infelizmente, isso continua sendo uma verdade para o caso do brasileiro.

A grande quantidade de materiais existentes no mercado e ainda o surgimento crescente de novos materiais e técnicas destinados ao reparo e recuperação de estruturas, alerta o meio técnico-científico para a necessidade de uma avaliação do desempenho destes materiais e de sistemas de reparo, não só durante sua aplicação, mas também ao longo de sua vida útil.

Assim este trabalho tem a finalidade de fornecer informações técnicas sobre alguns sistemas e técnicas de reparos para estruturas armadas em processo de corrosão, quanto a sua eficácia ligadas à durabilidade, enriquecendo o meio técnico-científico com informações sobre este assunto, o qual ainda carente de bibliografias e pesquisas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

Esta dissertação tem como objetivo geral fornecer informações ao meio técnico e científico a respeito de materiais, sistemas e técnicas para reparos localizados e recuperação de estruturas de concreto com processo de corrosão das armaduras por

íons cloreto, por meio de uma bibliografia atualizada sobre estes sistemas e pesquisas na área.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho de sistemas de reparo constituídos por um concreto convencional, um microconcreto fluido industrializado ou uma argamassa com inibidor de corrosão, podendo o sistema ter, ou não, uma ponte aderência de base epóxi. O comportamento dos sistemas de reparo são comparados com o comportamento de um sistema de referência composto por um concreto convencional de relação a/c = 0,55, podendo ter, ou não, uma ponte aderência de base epóxi. A ponte de aderência de base epóxi, no caso estudado, tem a função de barreira, ou seja, de impedir a difusão de íons cloreto, remanescentes no concreto antigo, para a região reparada.

Outro objetivo da presente dissertação é avaliar a influência do uso de diferentes técnicas e procedimentos de limpeza das armaduras com corrosão, devido à ação dos íons cloreto, sobre a eficiência de um reparo localizado.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho será dividida em três etapas, que serão as seguintes descritas abaixo:

2.1 PRIMEIRA ETAPA - MONITORAÇÃO ATRAVÉS DE MEDIDAS ELETROQUÍMICAS OS SISTEMAS DE REPAROS.

Esta etapa é a continuidade à avaliação da eficácia dos reparos localizados e os sistemas utilizados pelo pesquisador Tinoco (2001), verificando ao longo destes cinco anos como se comportaram os reparos localizados e os materiais de reparo utilizados anteriormente por ele. Procura-se obter uma resposta de qual dos sistemas de reparo utilizados é o mais eficaz após este período de tempo do ano de 2001 ao ano de 2006.

Para a realização desta etapa será feito um monitoramento dos corpos-de-prova através das medidas eletroquímicas i_{corr} (velocidade de corrosão), E_{corr} (potencial de corrosão) e R_{ohm} (resistência ôhmica), por meio do equipamento GEGOR 6. Este monitoramento será realizado por um período de dois meses. Importante ressaltar, que durante este período de avaliações, os corpos-de-prova permaneceram em câmara úmida, o que favorece uma baixa resistividade das amostras.

2.2 SEGUNDA ETAPA – DIFUSÃO DOS ÍONS CLORETO PELOS SISTEMAS DE REPARO E PONTE DE ADERÊNCIA EPOXÍDICA UTILIZADA COMO BARREIRA AOS ÍONS CLORETO

Nesta etapa serão colhidas amostras do pó do concreto em diferentes profundidades dos corpos-de-prova que foram fabricadas com 3% de íons cloreto na água de amassamento, a partir do NaCl. Estas amostras serão utilizadas para análise do teor de íons cloreto na respectiva profundidade analisada, obtendo desta forma um

gráfico do perfil de cloretos x profundidade. Com estes gráficos será possível analisar como ocorreu o processo de difusão dos íons cloreto, através dos materiais de reparo e barreira epoxídica ao longo dos cinco anos.

Para coleta destas amostras a pessoa responsável estará equipada com um tipo de luva plástica de polietileno, na qual o material é isento de cloretos, pincéis e pequenos sacos plásticos, onde sua composição química também é isenta de cloretos, para cada amostra obtida será utilizado um pincel diferente, evitando a contaminação de novas amostras com íons cloreto de amostras anteriores. As amostras serão armazenadas nos sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Concreto do Departamento de Apoio e Controle Técnico de FURNAS Centrais Elétricas S.A. Os ensaios de teor de íons cloreto serão realizados através do método de ensaio “ASTM C 1152, o qual refere-se à determinação de cloretos totais”.

2.3 TERCEIRA ETAPA – AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE LIMPEZA DAS ARMADURAS COM PROBLEMAS DE CORROSÃO POR ÍONS CLORETO

Primeiramente foi elaborado um questionário, este questionário foi respondido por importantes profissionais da área de recuperação de estruturas. Com posse destes questionários realizou-se uma coleta das principais técnicas de sistemas de limpeza das armaduras com corrosão por íons cloreto, utilizadas em muitas localidades do país e do mundo. A partir disto definiu-se quais serão as técnicas de limpeza de armaduras utilizadas.

As armaduras a serem limpas pelos sistemas escolhidos serão as que se encontram nos corpos-de-prova utilizados na etapa I e II, localizadas nas áreas não reparadas dos corpos-de-prova. Estas armaduras se encontram em forte estado de deterioração pelo avançado processo de corrosão em que se encontram no atual momento.

As armaduras serão submetidas aos processos de limpeza, sendo que para cada técnica de limpeza das armaduras escolhidas, serão utilizadas três amostras. Outra variável escolhida é a quantidade de íons cloreto adicionado à água de amassamento na dissertação de Tinoco (2001), 1% e 3% de íons cloreto, a partir do NaCl. Avaliando então três amostras para cada variação escolhida, técnica de limpeza e teor de íons cloreto adicionados à água de amassamento.

As diferentes técnicas de limpeza escolhidas para avaliação nesta pesquisa se encontram esquematizada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Esquema dos sistemas de limpeza avaliados e quantidades de amostras para cada método.

Tipo de limpeza	Quantidade de amostras retiradas dos CP's com 1% de íons cloreto.	Quantidade de amostras retiradas dos CP's com 3% de íons cloreto.
Armaduras sem limpeza	3 unidades	3 unidades
Escava de aço manual + Jateamento de água fria sob pressão.	3 unidades	3 unidades
Jateamento de água com pressão acima de 6000 psi.	3 unidades	3 unidades

Jateamento de areia úmido + Jateamento de água fria sob pressão.	3 unidades	3 unidades
Jateamento de areia úmido + Jateamento de água quente sob pressão.	3 unidades	3 unidades
Total de amostras	15 amostras	15 amostras

Após realizado os processos de limpeza das armaduras, cada uma delas será novamente concretada em fôrmas de madeirite. Em seguida a desfôrma, serão levadas a câmara úmida e curadas por um período de sete dias. Neste período será iniciada a monitoração destes corpos-de-prova por medidas eletroquímicas, por um período de aproximadamente de cinco meses, através do aparelho GECOR6. Com base nos gráficos de velocidade de corrosão e potencial de corrosão obtidos, serão verificados quais os sistemas de limpeza das armaduras foram eficazes quanto a remoção completa dos íons cloreto e produtos de corrosão ou que possam até ter deixado uma pequena quantidade de íons cloretos livres, os quais possam ter sidos quimicamente combinados com o C_3A , formando os Cloroaluminatos ou sais de Friedel, não sendo estes agressivos a integridade das armaduras, o que torna o sistema eficaz.

3 RESULTADOS E CONCLUSÃO

O Monitoramento das amostras da segunda etapa e terceira etapa se encontra em processo de análise. Os resultados das amostras de teor de cloretos estão previstas, pelo Laboratório de Concreto de Furnas Centras Elétricas S.A., serem concluídas no fim de outubro, devido à quantidade de amostras enviadas para análise, trinta e seis amostras.

Os corpos-de-prova referentes aos sistemas de limpeza das armaduras se encontram em fase de monitoramento, encontrando-se em fase de análise por um período de 75 dias, tempo ainda não suficiente para se obter os resultados.

As análises dos sistemas de reparo, referentes à primeira etapa se encontram apresentados nas Figuras abaixo, as Figuras 3.1, 3.2 e 3.3 referem-se aos potenciais de corrosão dos sistemas de reparo.

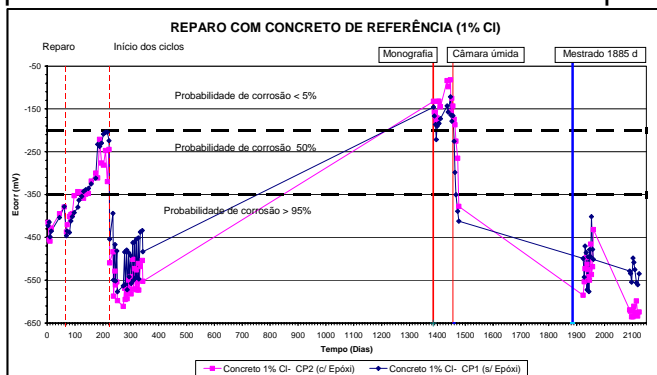


Figura 3.1 – Potencial de corrosão do concreto Referência.

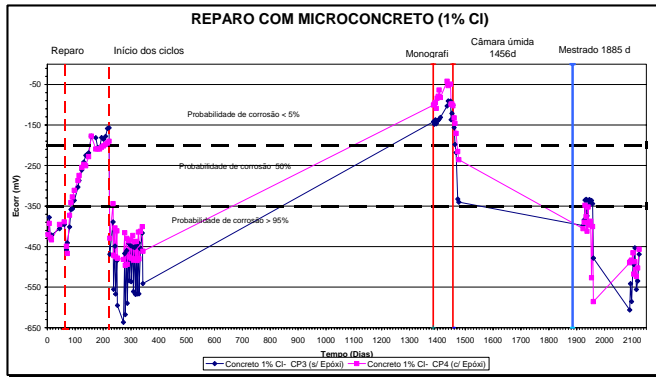


Figura 3.2 – Potencial de corrosão do Microconcreto fluido.

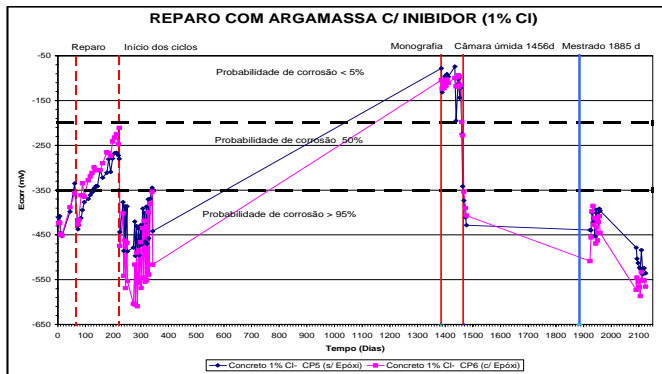


Figura 3.3 – Potencial de corrosão da argamassa com inibidor.

De acordo com as Figuras apresentadas, referentes aos gráficos de potenciais de corrosão dos sistemas, verifica-se que após um período de cinco anos de efetuados os reparos localizados, todos os sistemas se encontram em processo de corrosão, sendo o reparo localizado realizado com concreto referência em estado mais desfavorável quanto ao processo de corrosão.

Nos gráficos referentes à velocidade de corrosão, não apresentado neste relatório, verifica-se que o concreto referência apresenta avançada velocidade de corrosão, no entanto, os reparos realizados com microconcreto fluido e argamassa com inibidor apresentaram, ao longo destes anos, valores mais favoráveis, se encontrando em valores desprezíveis quanto a velocidade do processo de corrosão.

A influência de uma ponte de aderência de base epóxi como barreira contra a difusão de cloretos remanescentes do concreto base e havendo a continuidade da agressão por cloretos externos, as seguintes conclusões poderiam ser estabelecidas:

1. não usar, pois é prejudicial ao sistema de reparo;
2. não usar, pois não incorpora melhora no sistema de reparo e representa um custo adicional; e
3. usar, pois leva a uma significativa melhora no desempenho do sistema.

Com base nos resultados obtidos até o momento aconselha-se **não usar** o material de base epóxi como barreira para os cloretos remanescentes (opção n.º 2), uma vez que é um material que representa um custo adicional significativo e não cumpre com a função desejada.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. Retrospectiva da patologia no Brasil: Estudo estatístico. In: Jornadas en Español y Portugués sobre Estructuras y Materiales. **COLLOQUIA 88**. Madrid, CEDEX, IET, mayo 1988. p.100-23.
- CÁNOVAS, M. **Patologia e terapia do concreto armado**. Coord. técnico: L. A. Falcão Bauer. Trad. M. Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos e Beatriz Cannabrava. São Paulo, PINI, 1988. 522p.
- FIGUEIREDO, E. P.; **Avaliação do desempenho de revestimentos para proteção da armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas – Contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado**. São Paulo, 1994. 423p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- NEPOMUCENO, A. **Comportamiento de los morteros de reparación frente a la carbonatación y a la penetración de cloruros en estructuras de hormigón armado dañadas por corrosión de armaduras; Estudio mediante la técnica de resistencia de polarización**. Madrid, 1992. 371p. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Madrid.
- TINÔCO, H. F. F. **Avaliação do desempenho de sistemas de reparo e recuperação para estruturas de concreto com corrosão das armaduras**. Dissertação de Mestrado – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2001. 143p.

¹ Bolsista de mestrado. Escola de Engenharia Civil – LMC - Laboratório de Materiais de Construção, raphaeljuarte@yahoo.com.br
² Orientador/Escola de Engenharia Civil/UFG, epazini@eec.com.br