

## INFORME CHC

### TEMA – RISCO DE CORROSÃO ADJACENTE NO PÓS- RECUPERAÇÃO CONVENCIONAL LOCALIZADA, EM COMPONENTES DE CONCRETO ARMADO

Fonte: [DETECTION OF CORROSION RISK BESIDE PATCH REPAIRS](#)

**Detection del riesgo de corrosión al lado de las reparaciones por parcheo**

<file:///C:/Users/Windows/Documents/INFORME%20CHC/DETECTION%20OPF%20CORROSION%20RISK%20BESIDE%20PATCH%20REPAIRS.pdf>

TRADUÇÃO e INTERPRETAÇÃO: DETECÇÃO DE RISCO DE CORROSÃO ADJACENTE NAS  
RECUPERAÇÕES, disponível em [www.asec.eng.br](http://www.asec.eng.br)

#### Pesquisadora principal

1. **MARIA DEL CARMEN ANDRADE**

CIMNE – Centro Internacional de Métodos Numéricos em Ingenieria – UPC – España

#### Outros pesquisadores

2. Pedro Castro Borges (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.  
Unidad Mérida, México

3. Enio Pazini ( Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFGO/Brasil.

Persona de contacto: [candrade@cimne.upc.edu](mailto:candrade@cimne.upc.edu)

Disponível em [www.hormigonyacero.com](http://www.hormigonyacero.com)

Recibido el 26 de enero de 2021; aceptado el 8 de junio de 2021

Publicado Hormigon y Acero 72 (294/295); 41-58, (2021)

Setembro/2021

## RESUMO

No processo de recuperação convencional de componentes estruturais de concreto armado (praticamente único processo usado em Sergipe pelas empresas de Recuperação e profissionais afins), via de regra, durante a inspeção e planejamento dos reparos, as regiões localizadas com fissuras paralelas às armaduras são consideradas como um indicativo de maior corrosão. Assim, as necessidades dos reparos são caracterizadas pelas fissuras. **Mas, na medida em que a área corroída é normalmente maior do que a área visivelmente afetada pela fissura, se apenas está for reparada, os danos podem reaparecer anos ou mesmo meses após a intervenção devido à existência de corrosão de aço não detectada. A quantidade de área que precisa ser removida na recuperação é uma questão importante com implicações financeiras, de segurança e de durabilidade.** Os mecanismos que regem a corrosão, a viabilidade do sistema galvânico, o acoplamento entre as regiões repassivadas e adjacentes são discutidos no artigo. O artigo, além de também abordar o efeito dos primers de aço nas zonas reparadas, agentes de ligação entre os materiais e os materiais de reparo, descreve **também três técnicas que podem ser usadas para determinar o quanto de concreto contaminado deve ser removido, tais como: análises químicas (pH ou teor de cloreto) e medições de parâmetros de corrosão (taxa de corrosão) em áreas adjacentes à zona fissurada ou reparada.**

## 1.INTRODUÇÃO

A técnica, praticamente a única praticada e conhecida pelas empresas sergipanas na área, é a recuperação convencional localizada, visivelmente, via fissuras paralelas às armaduras e/ou destacamentos de trechos de cobrimentos em componentes estruturais.

O citado pelo artigo “Patch Repairs”, remendo-reparo, consiste nas medidas ilustradas na Figura 1 seguinte:

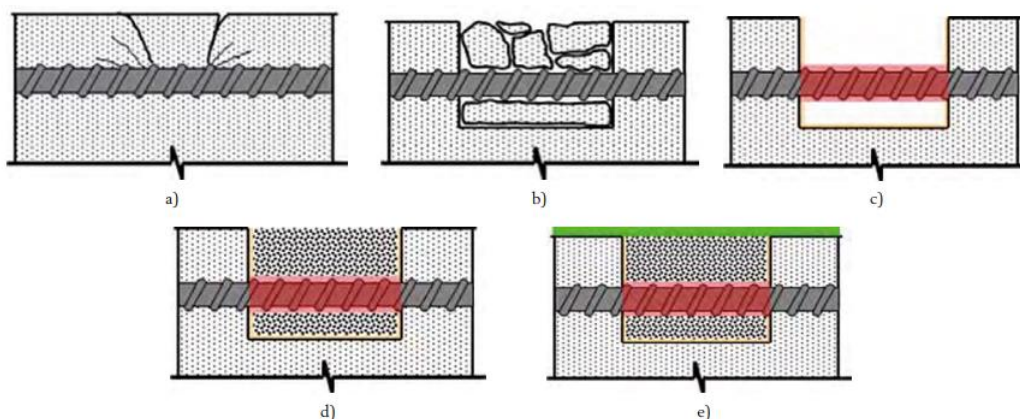


Figure 1. Stages in patch repair: a) inspection to detect damaged areas; b) removal of damaged concrete; c) reinforcement de-rusting and primer application; d) geometric restoration, and e) replacement of concrete cover.

- a) Identificação do dano e das zonas a serem reparadas;
- b) Remoção da cobertura de concreto danificada;
- c) Decapagem do aço e aplicação (opcional) de um primer;
- d) (opcional) aplicação de um agente de ligação entre o concreto antigo e o novo com restauração da geometria;
- e) Aplicação de novo revestimento ou pintura para ocultar a remendo.

**ALERTA!** – algumas empresas em Sergipe adotam o uso da decapagem química nas armaduras corroídas, como forma de acelerar o processo executivo de decapagem mecânica. Entretanto, deve-se tomar o cuidado de não usar produtos que gerem a fosfatização, para não criar a possibilidade de fragilização do aço por hidrogênio.

**Cuidado com as vendas técnicas!** Torna-se prudente a exigência e a análise de catálogos técnicos com ensaios pertinentes realizados em laboratórios nacionais credenciados pelo INMETRO.

[1]



## Concrete repairs - performance in service and current practice (Downloadable version)

by GP Tilly and J Jacobs (10-Dec-2007)

[Concrete repairs - performance in service and current practice \(Downloadable version\) :](http://www.brebookshop.com)  
[BREbookshop.com](http://www.brebookshop.com)

[www.brebookshop.com/details.jsp?id=321262](http://www.brebookshop.com/details.jsp?id=321262)

Segundo [1] acima, a experiência tem mostrado que tais reparos têm vida curta, mesmo quando o procedimento é adequado. Uma pesquisa realizada no âmbito do projeto europeu CONREPNET [2], encontrou que depois dos 20 anos apenas 5% dos “patches” (remendo-reparo) não tinham demandado reparos. Uma série de causas foram definidas, incluindo-se a identificação incorreta das áreas corroídas, inadequada escolha ou colocação de materiais, etc.

**Uma das principais razões apresentadas para a falha do “patch”, remendo-reparo, foi que a área reparada era menor do que a área afetada.** A área da superfície afetada por manchas de ferrugens ou fissuras, não é necessariamente indicativa de onde a corrosão se instalou. A região, muitas vezes, se estende além da área contendo tais sinais, e como o reparo envolve a remoção do visivelmente deteriorado, áreas adjacentes em risco de corrosão podem tornar-se despassivadas após a recuperação.

*Em outras palavras, um par galvânico (micropilha de corrosão) pode se formar entre a zona reparada, agindo como um cátodo, e a zona não reparada, agindo como um ânodo, que se torna despassivada.* A principal preocupação em torno do local do “reparo-remando” é seu mecanismo eletroquímico eficiente.

*Entretanto, existe a polêmica entre pesquisadores. Uns defendem a tese que o efeito do acoplamento galvânico induzido pelo remendo-reparo acelera a corrosão nas áreas adjacentes. Outros, no entanto, mostraram que o efeito desaparece no curto prazo ou declina-se na presença do primer do aço.* Entretanto, o consenso entre as duas teses ainda é difícil, face que os estudos realizados sobre o assunto foram conduzidos sob diferentes climas e condições de laboratório, além de diferentes tipos de espécimes.

## 2.DO EXPERIMENTAL

Os procedimentos experimentais deste artigo foram realizados em espécimes de laboratório e em membros de edifícios existentes testados in situ. As Figuras ilustram os experimentos.

Amostras foram usadas para estudar uma possível ação galvânica, medições eletroquímicas da corrente galvânica e taxa de corrosão, além de técnicas de medição in situ de carbonatação e teor de cloretos. Estudos com Fluorescência de Raios X foram realizados. Em todos os casos foram utilizadas barras nervuradas.

Um par galvânico é definido quando dois metais vêm em contato pelo mesmo eletrólito ou quando uma diferença de potencial surge em um mesmo metal devido, por exemplo, à aspereza da superfície. Uma corrente é então gerada entre os dois metais ou entre as áreas com potencial diferente no mesmo metal, para compensar a diferença de potencial.

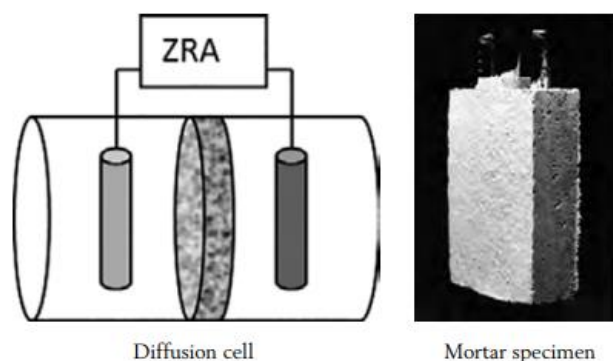


Figure 2. Left: Diffusion cell to study galvanic couples; Right: Laboratory specimen to study galvanic couples.

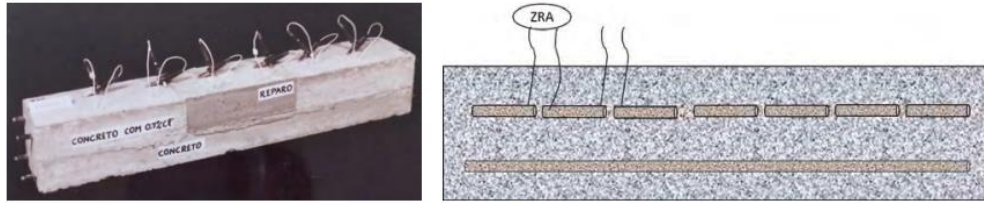
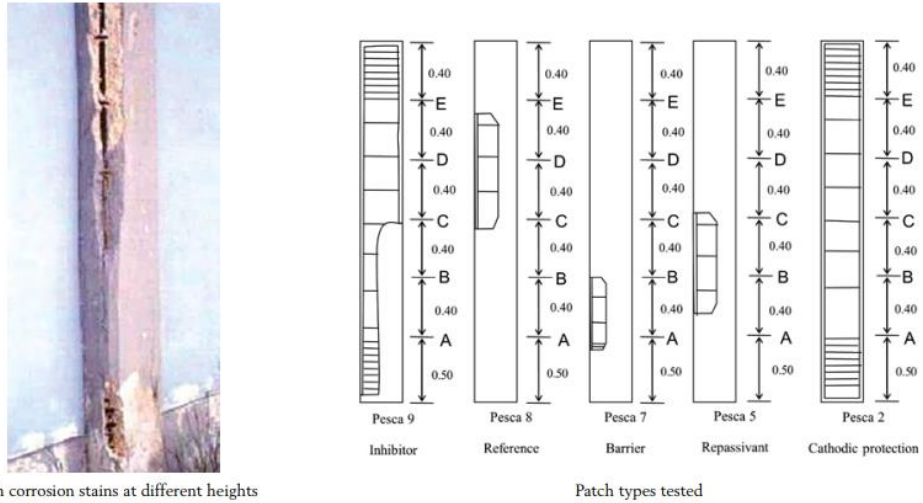


Figure 3. Segmented reinforcing bar to study galvanic current.



Column with corrosion stains at different heights

Patch types tested

Figure 4. Columns on a building in Mexico repaired using different systems.



Figure 5. Viaduct on motorway AP-I (Spain) patch-repaired.<sup>3</sup>

### 3.RESULTADOS

A inferência tirada dessas descobertas é que quando uma área é reparada, os segmentos nas áreas adjacentes (na presença de 0,7% de cloretos, um pouco mais alto do que o limiar de indução de corrosão) começam a corroer, embora ligeiramente e por curto período de tempo. Depois de alguns dias as correntes mudam de sinal, adotando valores desprezíveis, independentemente das condições subsequentes de temperatura e umidade.

### Escopo de correntes galvânicas em zonas reparadas por remendos:

Os resultados constantes nas Figuras 11 a 14, mostram que a corrente galvânica é detectada nos primeiros dias após o reparo nas áreas mais próximas à interface, mas não nas regiões mais distantes.

Duas inferências podem ser extraídas:

1. **Antes do reparo:** a área severamente corroída pode proteger catodicamente as áreas adjacentes mais próximas. Em outras palavras, as áreas corroídas atuam ânodos de sacrifício para as áreas adjacentes;

2. **A proteção catódica proporcionada por áreas corroídas desaparece quando são reparadas**, enquanto o efeito reverso, conversão para cátodo com corrosão intensificada na área não reparada, tem vida curta, Figura 14. Consequentemente, tais áreas adjacentes sofrem corrosão pós-reparo, não porque um cátodo foi criado na zona reparada, mas devido à presença de cloretos em níveis mais elevados do que as concentrações críticas ou devido a persistência da carbonatação.

Assim, **a falha em remover todo o concreto contaminado durante os reparos tem implicações**, não porque as zonas passivas pós-recuperações intensificam a corrosão, mas porque, antes, parte da área que não corroeu funciona como o resultado do papel de ânodo de sacrifício desempenhado pelas áreas corroídas. **Quando tais ânodos de sacrifício desaparecem, as áreas contaminadas, anteriormente protegidas por essa ação galvânica, começam a corroer ativamente.** Os testes comprovaram que o escopo de ambos os métodos catódicos anteriores a proteção e de sua posterior reversão é restrita a uma distância de alguns cm.

### Ação do Primer

A ação do primer ilustrado nas Figuras 11,12 e 13, mostraram que esses produtos eliminaram ou minimizaram as correntes galvânicas que apareceriam nos primeiros dias após o reparo, enquanto o primer epóxi zinco até inverteu o efeito, pois proporcionou proteção catódica nas zonas não reparadas. Essa ação catódica cessou quando todo o zinco no primer oxidou, mas foi suficiente para retardar qualquer corrosão inicial nas áreas adjacentes, mesmo onde contaminado. Após, o esgotamento do zinco, no entanto, a corrosão pode começar nessas áreas.

### Detecção de áreas contaminadas

Conforme já referido, via de regra, no nosso Estado de Sergipe, a tendência é de apenas reparar áreas com danos visíveis (fissuras, destacamentos ou manchas de ferrugens). Entretanto, o comportamento estrutural da estrutura reparada pode ser significadamente impactada pelas propriedades dos materiais remanescentes e do novo material. Daí, a importância de delimitar claramente as zonas que precisam de remoção de ferrugens e recuperação, mesmo onde não exibam nenhum dano externo.



**Esse propósito básico de inspeção pode ser abordado por dois caminhos:**

**a) Analisando o teor de cloretos e carbonatação nas áreas adjacentes aos reparos localizados, bem como a remoção de concreto até que o material não contaminado seja encontrado;**

**b) Medindo a taxa de corrosão, eletroquimicamente, antes e depois dos reparos.**

Na análise local da carbonatação e do teor de cloretos, métodos alternativos são discriminados no artigo face os cuidados com a **fenolftaleína, produto cancerígeno, e a pulverização de nitrato de prata diretamente sobre o concreto não sendo recomendada devido sua escassa sensibilidade nos concretos locais**. Estes dois métodos são muito utilizados na prática local das inspeções.

**A medição da taxa de corrosão como um suplemento das análises de carbonatação e cloretos, por si só, fornece informações indispensáveis durante a inspeção bem como durante e após os reparos**, confirmando a eficácia definida em termos de  $0,1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , limite máximo estabelecido na recomendação RILEM.

**O procedimento de medição é, resumidamente, descrito a seguir:**

**PRÉ-PREPARO** – medições de taxa de corrosão detectam as áreas mais severamente corroídas, ou seja, a localização de ânodos (onde a taxa de corrosão é mais alta) e cátodos (taxas mais baixas), além de verificar se as áreas catódicas são passivas ( $I_{\text{corr}} < 0,1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ), ou tem  $I_{\text{corr}}$  menor, mas está corroído. A mera comparação dos valores observados é suficiente para identificar as áreas mais gravemente afetadas, independentemente de sua aparência e, com base nisso, estabelecer a ordem dos reparos de forma mais adequada.

**DURANTE O REPARO** – uma vez definidas as áreas que serão removidas nos reparos localizados, as medições poderiam ser realizadas nas regiões adjacentes, para verificar possíveis mudanças de comportamento após a remoção do concreto contaminado e a limpeza da armadura. Um aumento na taxa de corrosão na área adjacente seria indicativo de despassivação incipiente e ajudaria a determinar a conveniência ou não do uso de primer ou agente de ligação para mitigar o efeito galvânico do reparo.

**PÓS-REPARO** - o teste deveria ser executado para verificar se nenhuma das áreas envolvidas nos reparos teria um valor de  $I_{\text{corr}}$  capaz de potencializar deteriorações mais ou menos imediatas. Por exemplo,  $I_{\text{corr}} < 0,1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ) em qualquer lugar da estrutura reparada comprovariam a eficácia dos trabalhos.

## 5. CONCLUSÕES

As conclusões mais importantes do artigo são apresentadas a seguir:

1. Os reparos localizados podem falhar ao não remover todo o concreto contaminado;

2. Os autores afirmaram que nenhum dos testes realizados evidenciaram que a ação do reparo (reparo-remendo) intensifica a corrosão nas áreas adjacentes. O que foi notado é que as zonas adjacentes começam a corroer porque estão contaminados por cloretos e /ou carbonatadas, e que a repassivação da zona recuperada (remendo-reparo) não potencializa a corrosão nas zonas adjacentes, exceto nos primeiros dias após o reparo. Simplesmente, o reparo parou de atuar como ânodo de sacrifício;

3. Entretanto, após a repassivação (remendo-reparo), as regiões danificadas devem ser observadas para não mais atuar como ânodos de sacrifício das imediações. A presença de contaminações em zonas adjacentes induziria, conseqüentemente, a corrosão do reforço;

4. Primers de reforços e agentes de ligação dos tipos estudados atenuariam a corrosão nas áreas adjacentes em curto prazo, embora em tempos mais longos seu efeito seja insignificante;

5. Bom diagnóstico de pré-reparo para detectar áreas contaminadas foi considerada chave para garantir um bom escopo de recuperação. As técnicas para identificar qualquer contaminação residual incluem:

a) **Testes de carbonatação**, que são facilmente acessíveis, dada a disponibilidade dos indicadores eficazes de mudança de pH com base nas cores. Salienta-se o cuidado com o uso da fenolftaleína face seu potencial carcinogênico;

b) **Testes de teores de cloretos** que exigem análises laboratoriais, embora a Fluorescência de Raios-X portátil seja altamente compatível com os trabalhos em campo;

c) **Medições da Taxa de Corrosão** in situ, técnica essencial para complemento das outras duas referidas em (a) e (b), pois determina se o reparo foi eficaz, mostrando imediatamente ou após algumas semanas pós-reparo, se as taxas de corrosão estão abaixo de **Icorr < 0, 1µA/cm<sup>2</sup>, teto recomendado quando medido em concreto úmido.**

CHC/SETEMBRO/2021