

Injeção de Epóxi

IDÉIAS SIMPLES, EFICIENTES E MODERNAS SOBRE EPÓXIS E EQUIPAMENTOS PARA INJEÇÃO. MUITOS MOTIVOS PARA ABANDONARMOS DE VEZ A ANTIGA E IMPRÓPRIA TÉCNICA DE INJEÇÃO COM MANGUEIRINHAS E COM RESINAS INADEQUADAS.

Injeção de epóxi com pistola pneumática de duplo cartucho em bicos injetores "inteligentes" MIG. Eficiência à toda prova.

ANÁLISE

Carlos Carvalho
Rocha

Monolitizar trincas e fissuras em peças estruturais não é novidade. No entanto, há tantas em matéria de equipamentos e resinas epóxicas que, definitivamente, dever-se-á abandonar a antiga e ineficiente técnica da injeção de epóxi com furação e fixação de mangueirinhas.

Conhecendo a técnica

Monolitizar estruturalmente uma trinca ou fissura em peças estruturais é, claro, resti-

tuir sua integridade. Há, contudo, situações em que há trincas e fissuras com surgência de fluidos, muito comum em tanques industriais de concreto armado-protendido. A não ser que se constate movimentação ou abertura crescente nas trincas, dever-se-á, antes de mais nada, verificar se a causa do problema, o que possivelmente poderá ser recalques devido à ruína do sistema de fundação/solo. Para este caso, a solução adequada é pelo uso das técnicas Permeation ou Compaction Grouting que, além de interrom-

per recalques, reintegra o binômio fundação/solo, de maneira rápida e fácil sem maiores transtornos. A presença de vazamentos em trincas estáveis que não necessitem monolitização, por outro lado, poderá ser resolvida com a injeção de resina hidroexpansiva, tipo PH FLEX, de modo a interromper o fluxo de fluidos e, naturalmente, impedir a contaminação do concreto armado-protendido e a conseqüente corrosão do aço. Por outro lado, há situações mais complicadas onde trincas com fluxo de fluidos necessitam de

Calafetamento de trincas para injeção?

O **EPÓXI 44** é uma pasta estrutural tixotrópica fornecida em dois componentes. Todas as propriedades que você exige em vedações e calafetamentos você tem no **EPÓXI 44**:

- Adesivo tixotrópico, que permite a aplicação em superfícies verticais.
- Endurecimento rápido: 30 minutos.
- Excelente aderência a superfícies de concreto, argamassa, cimento-amianto, metais e outros materiais de construção.
- Elevada resistência mecânica.

A principal aplicação do **EPÓXI 44** é na vedação das trincas para injeção. No entanto, poderá ser utilizado para:

- Fixação de apoios estruturais.
- Ancoragem de cabos.
- Colagem entre elementos pré-moldados.
- Juntas de concretagem (juntas frias).
- Fixação de chumbadores, calhas e guias.
- Reparos em arestas de concreto aparente, trincas e defeitos superficiais.
- Colagem entre concreto velho e concreto novo.
- E muito mais.



Após o calafetamento das trincas com **PASTA EPÓXICA 44**...



...em 30 minutos é iniciada a injeção.

Vedar trincas para injetá-las, agora tem tecnologia: **PASTA EPÓXICA 44**. Você calafeta as trincas, fixa os injetores e pronto. Em 30 minutos já se pode iniciar a injeção. Essa história de esperar o dia seguinte é passado.

EPÓXI 44

Tele-atendimento
(0XX21) 2494-4099
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 02

monolitização epóxica com a estrutura em funcionamento. Neste caso, dever-se-á utilizar epóxi insensível a fluidos (EPÓXI nº 9). É necessário instalar tamponamentos ao longo da trinca, de modo a impedir que o epóxi seja lavado pelo fluido, já que este produto não tem características hidroexpansivas como o poliuretano hidroexpansivo (PH FLEX). Este tamponamento poderá ser feito com a própria injeção de PH FLEX.

Para toda e qualquer situação, no entanto, dever-se-á analisar a condição das trincas e fissuras com relação a sua atividade ou inatividade, com o uso de analisadores/medidores de trincas, tipo SAT ou AVONGARD. Sua profundidade e extensão antes e depois da monolitização poder ser verificada com a tecnologia do eco-impacto.

Selecionando a resina

Quanto menor a abertura da trinca ou fissura, maior a resistência ao fluxo da resina a ser aplicada. Isto significa dizer que haverá um tipo certo de resina epóxica adequada à abertura da trinca ou fissura. Precisamos entender esta relação, verificar que tipo de equipamento será usado e as condições de apli-



O uso do comparador de trincas é fundamental para o dimensionamento dos serviços de injeção.

cação. Aceitar simplesmente produtos rotulados “para injeção”, sem qualquer questionamento é problema na certa. Muitas das vezes, o vendedor “empurra” o produto e não procura saber sobre o equipamento a ser utilizado e as condições de aplicação. É preciso conhecer todo o mecanismo que envolve um serviço de monolitização estrutural.

Em nosso repairbusiness existem resinas-adesivos com viscosidade semelhante a da

água, quer dizer, próxima a 1 centipoise, que podem ser tanto injetadas quanto, simplesmente, vertidas sobre a trinca. Elas penetram por gravidade, até as resinas-adesivo tradicionais com cerca de 300 centipoise, difíceis de injetar em trincas e fissuras com pouca abertura.

Nossa opinião é que, genericamente, devemos limitar a viscosidade das resinas de injeção a um máximo de 100 centipoises. Isto, porque trincas e fissuras são

Esta é a tecnologia de melhoramento para cicatrizes, usada por grandes cirurgiões plásticos.



Epóxi 36

Tele-atendimento (0XX21) 2494-4099
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 03



Entendeu?



Restituir monoliticidade de fissuras, trincas e fraturas em pisos e pavimentos, com discrição, discernimento e total compatibilidade virou atividade de cirurgião plástico? Claro que não! Apenas apresentamos a tecnologia do **CRACK SOLUTION EPOXY 36**, que monolitiza trincas e fissuras com o mesmo nível de tensões existente no concreto base, de maneira rápida, discreta e 100% eficiente. E você não precisa ser cirurgião plástico para utilizá-la.

MIG*

the art of injector

Trincas, fissuras e microfissuras estão com os dias contatos. O injetor MIG tornou obsoleto todos os sistemas de injeção epóxica. Com o MIG você utiliza qualquer tipo de bomba de injeção: da pistola normal a bomba de alta pressão é possível alimentar o MIG e tornar os chatos serviços de injeção uma verdadeira arte. Com direito a reinjeção. Com o MIG você otimiza qualquer tipo de monolitização estrutural. Com arte.

* O MIG é um revolucionário sistema de injeção de epóxi formado por um pistão, acionado por uma mola, que uma vez puxado e seu tambor preenchido com epóxi, faz sozinho o trabalho de injeção. Várias vezes.



O MIG.



Seu pistão é puxado...



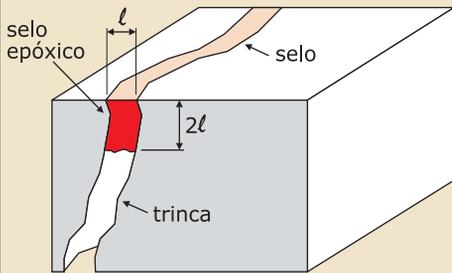
...enroscado na base de injeção e o bico de injeção fixado...



...para encher o seu tambor com epóxi. Retire o bico de injeção. Destrua o pistão e pronto. Deixe o MIG injetar sozinho.

INJETOR MIG

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 04



A profundidade do selo epóxico deverá ser de, no mínimo, duas vezes a largura da trinca, de modo a impedir a quebra das laterais do concreto.



Trincas com abertura em torno de 2mm podem e devem ser obturadas com massa epóxica tipo EPÓXI 44, sem necessidade de fazer o tradicional montinho.



Para esta situação basta apenas utilizar uma espátula para aplicar o selo.

redes complexas que possuem cavidades principais, secundárias, terciárias etc, exigindo, naturalmente, para um total preenchimento, baixas viscosidades, independentemente da pressão aplicada. Em outras palavras, com uma resina com viscosidade alta, tipo 300cps, corre-se o risco de mal preencher apenas a cavidade principal da trinca, bloqueando e deixando sem tratamento as cavidades secundárias, terciárias etc da trinca.

As trincas e fissuras com comportamento cíclico merecem atenção especial. Para elas, dever-se-á recomendar as resinas-adesivos com médio módulo de elasticidade (tipo EPÓXI 36), de modo a permitir seu movimento, ao mesmo tempo em que garantem a integridade da peça estrutural já que possuem resistência à tração bem superior à do concreto. O uso de resinas-adesivas de módulo alto, ou totalmente rígidas, possivelmente farão com

que a peça estrutural fissure ao lado da anterior monolitizada.

Trincas com grandes aberturas

Se a abertura das trincas for da ordem de 2mm ou superior e estiverem limpas, isentas de sujidades, posicione e fixe os injetores. O sistema de injetores a ser usado poderá ser os injetores MIG, CRACK-FÁCIL ou com microcapsulas. A seguir, aplique

GLOSSÁRIO

Módulo de elasticidade – se em uma peça de concreto de dimensões fixas, com comprimento igual a unidade e de seção igual a unidade aplicarmos uma tensão de tração muito pequena T, haverá um alongamento em seu comprimento de C. Tão logo se suprima a tensão, o comprimento volta ao valor inicial. A relação T/C é, por definição, o módulo de elasticidade. É o coeficiente angular da reta que constitui o diagrama tensão-deformação.

Trincas cíclicas – aquelas causadas por projeto inadequado, comportamento sazonal, mudanças de temperatura ou por cargas repetidas. Caso sejam monolitizadas, dever-se-á abrir junta próximo. O ideal é injetá-las com epóxi semi-rígido.

Comparando os sistemas injetores

| Item | Sistema | Injetor MIG | Crack-fácil | Microcapsula | Mangueiras fixadas em furos |
|----------------------------------------|---------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Equipamento | | Bomba de alta ou baixa pressão | Bomba de baixa pressão | Não usa equipamento | Bomba de baixa pressão |
| Reinjeção | | Possível | Impossível | Difícil | Impossível |
| Possibilidade de injeção ineficiente | | Praticamente impossível | Pouco provável | Provável | Certa |
| Adequabilidade com o tamanho da trinca | | Sem restrição | Regular para trincas muito finas | Sem efeito para grandes trincas | Ineficiente: alguma eficiência apenas em trincas largas |
| Rapidez no trabalho | | Fácil e prático | Prende o operador o tempo todo | Relativamente prático | Muita perda de tempo. Danifica a superfície e prende o operador |
| Tempo de injeção | | Pequeno e sem perdas | Longo com pequenas perdas | Longo com perda insignificante | Longo com grandes perdas |

Como injetar muitas trincas ao mesmo tempo?

Por diversas vezes encontramos situações onde há um emaranhado de trincas e fissuras, próximas, que precisam ser monolitizadas. Esta situação pode ser resolvida facilmente instalando-se conexões em forma de "T", de modo a inserir diversos injetores ao mesmo tempo, geralmente 10 de uma só vez, agilizando enormemente o serviço.



Injeção simultânea ao longo de uma mesma trinca.

com uma espátula a massa epóxica tipo EPÓXI 44 diretamente na abertura, vedando-a, até uma profundidade correspondente ao dobro da largura da trinca. Quer dizer, o selo deverá ter uma profundidade mínima de duas vezes a largura da trinca. O comparador de trincas ajudará bastante este serviço. Uma vez bem feita, esta metodologia evitará a colocação posterior da pasta epóxica sobre a trinca, de modo a obturá-la, como no processo tradicional e depois a necessidade de removê-la. Faça a injeção de forma cuidadosa, liberando levemente a pressão da bomba, de acordo com o fluxo de epóxi que entra. No caso de pisos ou lajes, poder-se-á utilizar o METACRILATO aplicado diretamente sobre a trinca, previamente cercada com uma berma feita com massa tipo de vidraceiro, penetrando por gravidade. Caso a trinca esteja em laje e seja passante, previamente dever-se-á calafetá-la, por baixo, com pasta epóxica tipo EPÓXI 44 de modo a impedir a perda do produto por baixo.

Caso as trincas tenham grande abertura, superior à 10mm, poder-se-á instalar os injetores do tipo MIG ou CRACK-FÁCIL diretamente no seu interior, chumbando-as com a pasta epóxica. Para todos os casos, antes de injetar a resina-adesivo epóxico, torna-se necessário injetar ar de modo a verificar a presença de vazamentos.

As microtrincas ou fissuras

Este tipo de patologia requer mais atenção e paciência, mesmo porque quase sempre não costumam ser passantes, ou seja, começam e depois de alguns milímetros ou centímetros, desaparecem. Para monolitizá-las há o sistema MIG e o CRACK-FÁCIL.

Pode-se utilizar ainda os injetores auto-atarachantes após a furação a 45°. A colmatação da trinca é feita com pasta epóxica tipo EPÓXI 44. Geralmente utiliza-se bomba de alta pressão em torno de 25MPa. A resina, obrigatoriamente, deverá ter menos de 100cps, preferencialmente 50cps. Em casos muito críticos poder-se-á utilizar o METACRILATO, devendo-se refrigerar a resina para aumentar a pot-life.

Como qualificar o serviço?

A matéria apresentada na RECUPERAR nº 66 deixou evidente que em todo e qualquer trabalho de monolitização com injeção, mesmo utilizando as tecnologias mais

sofisticadas, torna-se necessário o controle de qualidade do serviço executado, o que pode ser feito de modo destrutivo, com a simples extração de corpos de prova ou através das técnicas não destrutivas (NDT), utilizando-se eco-impacto e ultra-som. Sem isto, não se saberá o que realmente está sendo feito.

fax consulta nº 06



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é Engenheiro Civil, especialista em serviços de recuperação.
- ASTM C881 - Specification for epoxy-resin base bonding systems for concrete.
- ACI 503.4 - Standard specification for repairing concrete with epoxy.
- ACI 503.2 - Standard specification for bonding plastic concrete to hardened concrete with multi-component epoxy adhesive.
- ACI 503.1 - Standard specification for bonding hardened concrete, steel, wood, brick and other materials to hardened concrete with multi-component epoxy adhesive.
- ACI 224.1R - Causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures.

COMPARADOR DE TRINCAS

Você compara e mede a abertura da trinca fácil e rápido. O Comparador de Trincas RG tem várias escalas e dicas super importantes sobre Patologia da Construção. Apenas R\$ 10,00. Peça hoje mesmo o seu.



Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 07

Corrosão na Protensão IV **Final**

SAIBA PORQUE TODO E QUALQUER SINTOMA DE CORROSÃO NO AÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO DEVE SER MOTIVO DE INVESTIGAÇÃO E TRATAMENTO.

ANÁLISE

Joaquim Rodrigues

Na edição anterior apresentamos importantes informações a respeito de como proceder a avaliação do estado de corrosão em estruturas pós-tensionadas, segundo a norma recentemente lançada do American Concrete Institute, ACI 222.2R. Nesta edição finalizaremos este tema apresentando as mais modernas técnicas de recuperação para ca-

bos protendidos nas águas quentes e turvas dos sistemas diagnosticados com corrosão.

Para cortarmos o pavio da bomba-relógio de dez megatons dos problemas induzidos pela corrosão nas estruturas protendidas bastará seguir a teoria do combate à corrosão nas estruturas de concreto armado, muito bem especifica-

da pela norma ACI 222R, que apresentamos em edições anteriores.

Como recuperar concreto protendido pós-tensionado?

As técnicas de recuperação pertinentes a cabos pós-tensionados dependem de diversos fatores, tais como: causa e natureza

Reforço Estrutural...

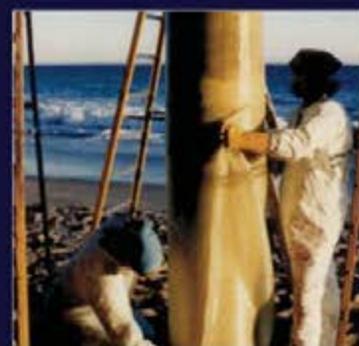
...só com sistemas MFC.



Manta de Fibra de Aço.



Manta de Fibra de Carbono



Manta de Fibra de Kevlar

PRODUTOS MFC:

- *Manta de Fibra de Carbono*
- *Manta de Fibra de Kevlar*
- *Mantas de Fibra de Aço*
- *Manta de Fibra de Vidro Estrutural*
- *Fita de Fibra de Carbono*
- *Barras de Fibra de Carbono*
- *Tecnologia a toda prova*

Os sistemas de reforço estrutural MFC foram desenvolvidos no Japão e EUA com o mais perfeito requisito resistência-durabilidade.

Dispomos de uma formidável linha de produtos com acessoria técnica, para todas as empresas e profissionais, aliando viabilidade, segurança, preço e qualidade.



Lider em Reforços Inteligentes

Sistema de Reforço MFC

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 12

da corrosão diagnosticada, tipo de estrutura em jogo e, claro, nível ou tamanho da garantia exigida. A regra é simples e, basicamente, varia desde a completa ignorância do problema, o que é comum, até a completa substituição dos cabos. No meio dessa turbulência de atitudes extremas e frequentes, felizmente há excelentes opções que podem e devem ser consideradas.

Estruturas pós-tensionadas injetadas

Numerosos estudos, a nível de laboratório e também em obras, feitos com bainhas preenchidas com calda de cimento portland, além de aditivos sugerem, pelo menos em parte, que o processo de corrosão tem a ver com a presença de vazios conseqüentes da sistemática de injeção da calda. A cesta básica das técnicas de recuperação-reforço estrutural/tratamento da corrosão é a seguinte:

- Retardar a obra, monitorando-a,
- Reinjetar os vazios detectados nas bainhas,
- Reforçar a peça/estrutura, e
- Substituir a peça/refazer a estrutura.



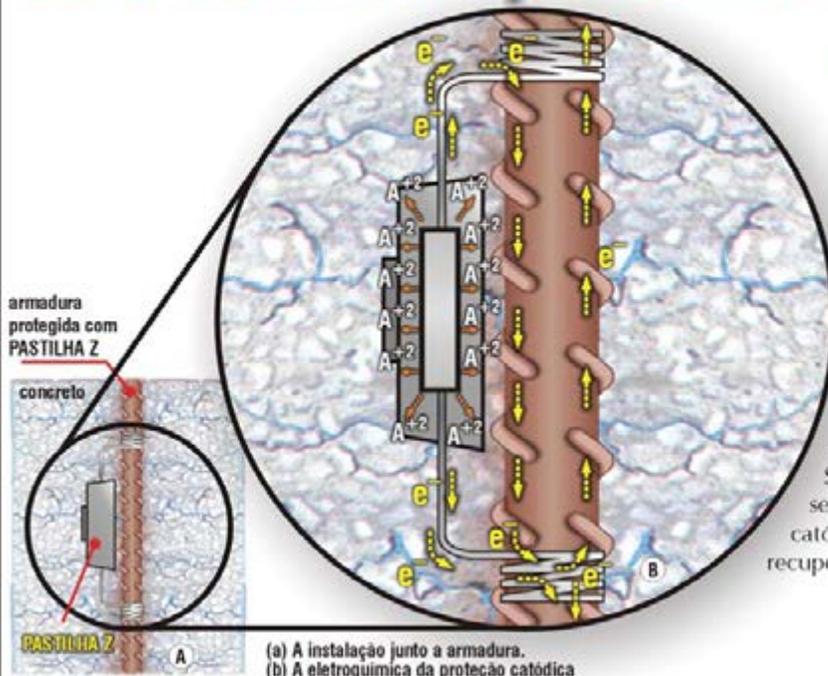
Recuperação de cabos danificados pela corrosão na laje de um estacionamento.

Retardar a obra de forma consciente, quer dizer, monitorando-a, é uma opção bastante limitada. Claro, se o nível de problemas existentes for aceitável, ou seja, se os potenciais de corrosão e a conseqüente velocidade com que o processo se manifesta for mínima ou baixa,



poder-se-á retardar os serviços. Porém, e o que é perigoso, sem deixar cair no esquecimento. Trata-se, obviamente, de uma opção de risco elevada, na medida em que a estrutura poderá ter picos de velocidades de corrosão ou grande quantidade de corrente atuando de forma variável ao longo dos micro-ambientes, desconexos com a

Concreto armado-protendido sem corrosão?



PASTILHA Z

O aço da construção é reativo e corrói fácil. Armaduras e cordoalhas de protensão são de aço. O concreto é um falso sólido. A proteção do aço pelo concreto é apenas mecânica. Com esta situação, a defesa natural e efetiva do aço é a proteção catódica. Sua atuação é facilmente checada e monitorada com uma semi-pilha. Concreto armado-protendido sem proteção catódica é uma fria. Use PASTILHA Z preventivamente ou na recuperação e tenha 20 anos de garantia.

PASTILHA Z

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 13

A alcalinidade e as pilhas de corrosão

A alcalinidade não cria o estado de passividade na superfície do aço, apenas oferece condições para que ela se mantenha estável. Os fatores formadores de pilhas na superfície do aço, em contato com o concreto, são:

- Características dos metais que entram na composição do aço.
- As concentrações das soluções iônicas (água?) em contato com o aço ao longo de toda a sua superfície (concentração diferencial).
- Aeração diferencial.
- Temperatura.



Situação trivial do não preenchimento do cabo. O diferencial de pH nas superfícies das cordoalhas encarregar-se-á de detonar os processos de corrosão.

periodicidade do controle da estrutura. Assim, caso haja processos de corrosão diagnosticados e não houver possibilidade de atacar logo o problema, recomenda-se que se faça um contínuo e freqüente monitoramento da estrutura. Não se pode esquecer que quanto mais se posterga os problemas, mais cara fica sua solução.

A reinjeção dos vazios detectados nas bainhas é a bola da vez quando, através das técnicas NDT já apresentadas em edições passadas, detectar-se grande quantidade de vazios. O objetivo do preenchimento dos vazios é “regularizar” o

GLOSSÁRIO

Exsudação – fluxo autógeno (inevitável) da água de amassamento, quer dizer, a surgência mesmo, quando do lançamento do concreto, argamassas ou caldas de cimento portland, causado pela sedimentação do material sólido dentro da massa.

material de contato com o aço, de modo a evitar as inevitáveis pilhas de corrosão. Diversos órgãos americanos, como o PTI (Post-tension Institute) e o The Concrete Society apresentam regras específicas para os serviços de reinjeção onde, entre outras coisas, dever-se-á trabalhar com baixo fator água/cimento, evitando a exsudação, impondo sempre uma boa fluidez à calda, com a utilização de aditivo redutor d'água. Caso a estrutura esteja situada em ambiente agressivo e já haja sintomas claros e significativos de corrosão, dever-se-á imediatamente tratá-la com proteção catódica, utilizando **TELA, VARAS** ou **PASTILHAS GALVÂNICAS**.

O reforço da peça ou da estrutura deverá ser a opção após a constatação da inadequabilidade da obra pela análise estrutural e prova de carga efetuadas.



Reforma em prédio: tubulação atravessando a laje e também os cabos, que foram rompidos.



Junta de construção investigada: infiltração d'água e corrosão intensa na região de ancoragem dos cabos de protensão, inclusive com rompimento. A solução impermeabilizante foi com injeção de resina hidroexpansiva PH FLEX.

Torna-se claro que a presença de pites de corrosão significativos ou outro processo corrosivo específico também será motivo



VARA G

VARA GALVÂNICA G consiste de um anodo cilíndrico com 20mm de diâmetro e comprimento variável. É fácil e rapidamente instalada, em furos abertos no concreto, promovendo imediata resposta contra processos de corrosão em estruturas de concreto armado ou protendido.

- Fácil de instalar.
- Interrompe todo e qualquer processo de corrosão em torno da área instalada.
- Resposta imediata conferida com a semi-pilha.
- Longa duração.
- Baixo custo em relação as pastilhas galvânicas.
- Proteção catódica eficiente e de baixo custo.

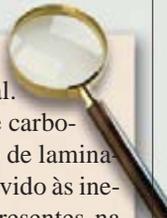


VARA G

Tele-atendimento
(0XX21) 2494-4099
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 14

de reforço com obrigatório tratamento da corrosão (proteção catódica) de modo a impedir o novo aço de ser atacado. As técnicas de reforço sugeridos são:

- Protensão externa.
- Protensão interna adicional.
- Manta e/ou fita de fibra de carbono. Desaconselha-se o uso de laminados de fibra de carbono, devido às inevitáveis irregularidades presentes na superfície do concreto e o conseqüente comprometimento com os mecanismos de aderência do sistema laminado – epóxi – concreto.
- Aumento da seção da peça estrutural.
- Execução de novas peças estruturais.



Rompimento de cabo, envolvido em bainha de papel, na região inferior de uma laje. A rutura aconteceu na região de ancoragem.



A presença de deslocamentos e manchas de óxidos na região de ancoragem é indicador claro de anormalidades no cabo.

Estruturas pós-tensionadas não injetadas

São formadas por fios ou cordoalhas encapsuladas em bainhas de plástico ou papel e preenchidas com graxa especial que se esforça para manter o estado de passividade do aço. Da mesma forma que nas estruturas pós-tensionadas injetadas, a presença de vazios não preenchidos com graxa e sua própria qualidade depõem a favor do estado de corrosão na superfície do aço.

A cesta básica das técnicas de recuperação – reforço – tratamento da corrosão aqui é a seguinte:

- Retardar a obra, mas monitorando-a,
- Purgar gás seco e depois reinjetar graxa,
- Injetar resina hidroexpansiva **PH FLEX**,
- Reforçar a peça/estrutura e
- Substituir a peça/refazer a estrutura.



Substituição da peça estrutural e/ou execução de uma nova estrutura é a opção final, normalmente devido ao estado caótico de abandono a que ficaram submetidas suas partes constitutivas. Mesmo assim, não se deve perder de vista a lógica do repairbusiness de que “se está em pé, é possível recuperar”.

Concreto armado-protendido sem corrosão?

(a) A instalação junto a armadura.

(b) A eletroquímica da proteção catódica e a corrente de proteção.

Só com TELA G

O aço da construção é reativo e corrói fácil. Armaduras e cordoalhas de protensão são de aço. O concreto é um falso sólido. A proteção do aço é apenas passiva. Com esta situação, a defesa natural e efetiva do aço é a proteção catódica. Sua atuação é facilmente checada e monitorada com uma sêmpilha. Concreto armado-protendido sem proteção catódica é uma fria. Use TELA G preventivamente ou na recuperação. E ainda tem 20 anos de garantia.

Tela Galvânica
 Tele-atendimento (0XX21) 2493-6740
 fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 15



Substituição de cabos: à medida que retira-se o danificado, insere-se o novo.



Uma emenda de cordoalha é instalada durante a recuperação.



Ausência de monitoramento, para não dizer abandono, fez com que o cabo através das armaduras rompessem. Os demais cabos também.

Comentaremos apenas o segundo e o terceiro itens, já que os demais apresentam semelhança com o tópico anterior.

Purgar gás seco e depois reinjetar graxa é uma nova técnica (patenteada) caracterizada pela injeção e circulação de gás seco na bainha até que toda e qualquer presença d'água seja removida, assim como a umidade relativa interna fique bastante reduzida. Diminuindo-se a umidade relativa interna dentro das bainhas para valores inferiores

a 50% consegue-se interromper a maioria dos processos de corrosão na superfície do aço. Esta técnica só é válida quando existe suficiente espaço anular entre a bainha e a cordoalha.

Injeção de resina hidroexpansiva PH FLEX também é uma nova técnica (patenteada) de preenchimento dos vazios (uma vez detectados pela técnica NDT) e expulsão da água presente no interior da bainha. Basicamente introduz-se bicos injetores espe-

ciais ao longo da bainha e injeta-se **PH FLEX** até que dos furos subsequentes saia apenas espuma. Como a espuma do **PH FLEX** possui células fechadas, promove um completo confinamento da cordoalha, impedindo o acesso de água e oxigênio à superfície do aço.

fax consulta nº 16



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- Corrosion of Prestressing Steels, ACI 222.2R.
- Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, NBS Special Publication No. 511-1.
- Failure Analysis and Prevention, Vol 11, ASM Handbook, ASM International..
- M. Fontana, "Stress Corrosion", Lesson 5, Corrosion, Metals Engineering Institute Course, American Society for Metals..
- Fractography and Atlas of Fractographs, Vol 9, Metals Handbook, 8th ed., American Society for Metals.
- Failure Analysis and Prevention, Vol 10, Metals Handbook, 8th ed., American Society for Metals.
- M.G. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill Book Co.

ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO DESPROTEGIDOS?

TERRA ANODO G (TAG)

Elementos de fundação como sapatas, blocos e estacas ficam em contato com a água freática e o próprio solo, que pode ter características ácidas ou uma diversidade de contaminantes. Corrosão na certa. Tanto nas armaduras quanto em cabos de protensão do concreto. TERRA ANODO G é proteção contra a corrosão na medida certa. TERRA ANODO G é proteção catódica específica para estruturas de concreto armado e protendido enterradas.



**Instale e confira.
Damos total assessoria técnica.**

**O TERRA-ANODO G é
fornecido com diversas
seções e comprimentos.**

TERRA ANODO G

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 17

Microscopia para a vida do concreto armado

DIAGNÓSTICO POR IMAGENS MOSTRA COMO SE
PROCESSA A DESTRUIÇÃO DO CONCRETO ARMADO EM
AMBIENTES CORROSIVOS.

ANÁLISE



Michelle
Batista

Já comentamos, em matérias anteriores, que o concreto armado é apenas mais um composto formado por agregados e barras de aço envolto em matriz feita de pasta de cimento, bastante susceptível a processos de degradação, invariavelmente, devido aos micro ambientes que o cercam. Sua característica de falso sólido deve-se exatamente ao comportamento da matriz cimentícia, devido à composição de suas fases e sua morfologia, crucial para

um hóspede, bastante susceptível, chamado aço. Para analisarmos sua sensibilidade à ação corrosiva, variamos a composição da matriz cimentícia e as atacamos com substâncias corrosivas, fazendo imitar ambientes característicos industriais. As amostras assim feitas foram estudadas com difratometria do raio X (DRX), microscopia eletrônica e de luz, espectroscopia do infravermelho, fotoluminescência e através da espectroscopia dos raios X com energia e

GLOSSÁRIO

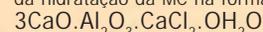
Compósito – combinação de dois ou mais materiais, sem chance de se misturarem e que trabalham em conjunto. Sua composição baseia-se em fibra e matriz envolvente.

Morfologia – Em processamento digital de imagem, morfologia é a coleção de técnicas baseadas em Morfologia Matemática, um modelo teórico baseado na teoria Lattice.

Etringita – sulfoaluminato de cálcio, rico em sulfatos. Ocorre na natureza ou é formado pelo ataque de sulfatos no concreto.

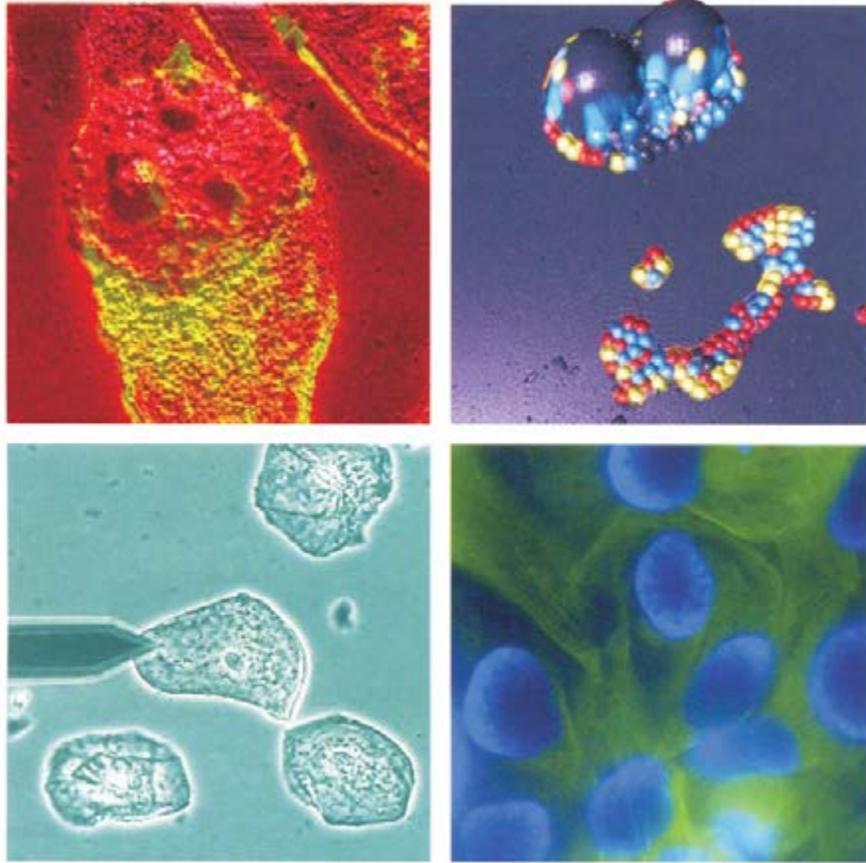
Brucita – mineral contendo em sua composição o hidróxido de magnésio, $Mg(OH)_2$. Possui estrutura cristalina específica.

Sais de Friedel – a matriz cimentícia (MC) do concreto pode imobilizar íons cloretos penetrantes, que se incorporam no entrelaçamento dos produtos da hidratação da MC na forma de:



Continua na pág. 22.

Dê vida ao seu Microscópio de Força Atômica (MFA)



Instale um contraste de fase com efluorescência e confocal TIRF



MFP-3D-BIO™

Microscopia de Força Atômica

O sistema de microscopia de força atômica MFP-3D é o estado da arte em matéria de integração da microscopia ótica e de força atômica. Analise todas as características de suas amostras, usando contraste de fase ou efluorescência, dando, a seguir, um zoom na escala nanométrica com o MFA. Nenhum outro artifício consegue este maravilhoso mundo.

MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 18



Figura 1A - Matriz cimentícia extremamente densa de um concreto com fumo de sílica. "A" são silicatos de cálcio hidratados. "B" são finos cristais de hidróxido de cálcio.

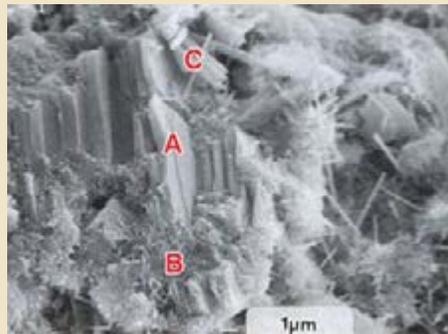


Figura 1B - Pasta de cimento hidratado de um concreto com fator A/C = 0,55. A - representa o hidróxido de cálcio. B - hidratos de silicato de cálcio. C - agulhas de etringita.



Figura 1C - Partícula de escória de alto forno (A) envolvida na hidratação da matriz cimentícia do concreto.

comprimentos de onda dispersos (EED/ECOD). Além do uso destas ferramentas, promoveu-se a análise das amostras, cruzando-se as imagens obtidas com a microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As análises

Para efeito de comparação, moldaram-se amostras de pastas e argamassas, em laboratório, deixando-as imersas em substâncias características de ambientes corrosivos. Ao mesmo tempo, coletaram-se amostras de concreto armado pertinentes a ambientes similares àquelas amostras preparadas

em laboratório e com sérios problemas de corrosão em suas armaduras.

As três fotos acima 1A, 1B e 1C, feitas no MEV, evidenciam situações interessantes com diferentes tipos de cimento. As fotos 2A, 2B, 2C e 2D são de amostras de tipos de concretos comprometidos, tirados dos ambientes críticos, contendo cimento portland comum, cimento portland com escória de alto forno, cimento com fumo de sílica.

A presença de microfissuras, embora não muito visíveis nas fotos, evidenciam a ação dos sulfatos. Ocorreu a fase etringita em todas as amostras, ao mesmo tempo em que

observou-se diferentes morfologias nas superfícies fissuradas.

A velocidade do processo de corrosão imposto às armaduras e a amplitude dos estragos causados nas amostras podem ser expressas por um coeficiente de resistência à corrosão (CRC), representado pela relação entre a resistência à flexão da pasta de cimento, submetida aos ambientes com sulfatos (SO₄) e apenas aquosas (H₂O), em um período de 3 anos. Os casos apresentados evidenciam um CRC de 0,52, 0,75, 0,79 e 0,83 para as fotos 2A, 2B, 2C e 2D respectivamente. A grande vantagem do uso da MEV é que visualizam-se perfeitamente as

FITA DE FIBRA DE CARBONO

STATE OF ART IN STRUCTURAL STRENGTHENING

Abre-se o sulco...
...aplica-se o epóxi...
...instala-se a fita e...
...o preenchimento final com epóxi.

Fita de Fibra de Carbono MFC com Reforço por Sulco na Superfície (RSS). Rapidez, Eficiência e Economia. Fique por dentro!

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 20

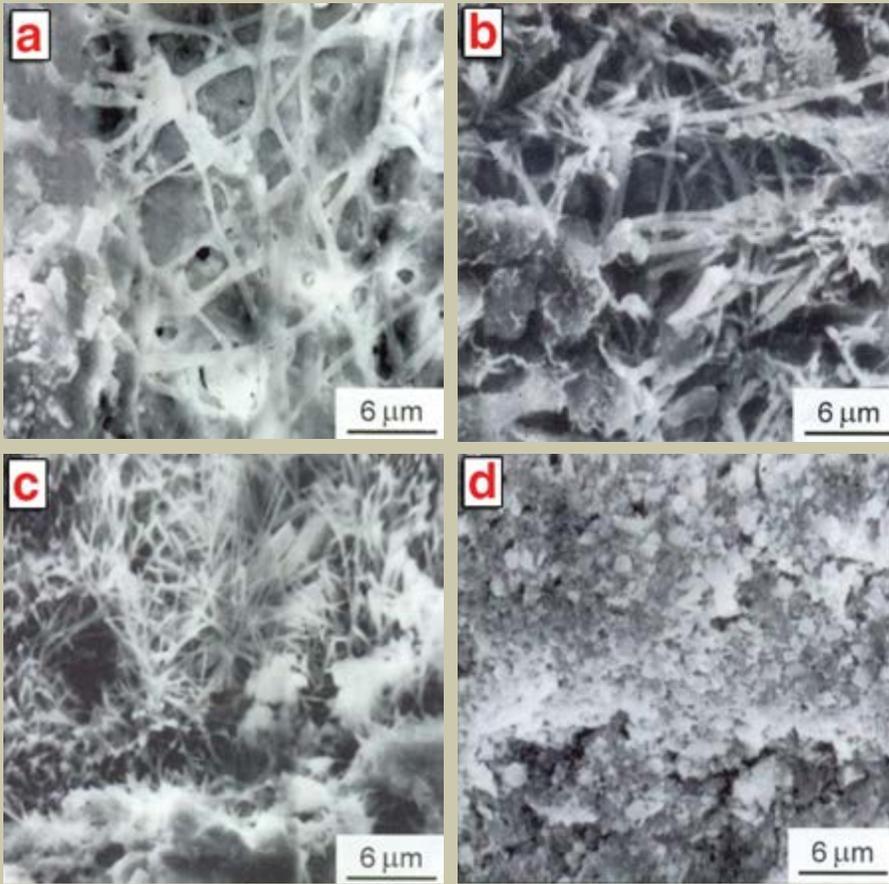


Figura 2 - Matriz cimentícia pura e modificada exposta a sulfetos. Observou-se etringita com diferentes morfologias no cimento portland. a) no cimento portland comum. b) cimento contendo escórias. c) cimento concendo fumo de sílica. d) cimento contendo metacaulin.

paredes das fraturas e a morfologia do processo de hidratação dos grãos de cimento, evidenciando claramente diversos sintomas anormais. As imagens apresentadas pela MEV mostram o estrago feito ao concreto pelo ambiente contendo sais corrosivos ricos em sulfatos e cloretos. As fotos 3A e 3B evidenciam as patologias da etringita retardada, cristais de cloretos de cálcio, o conhecido sal de Friedel e as fases gel, tudo recheado de trincas e fissuras, como resultado do ambiente extremamente corrosivo a que o concreto estava submetido. As análises posteriores feitas com o EED/ECOD, nos sais precipitados da solução extraídos da matriz cimentícia, confirmaram a condição de falso sólido do concreto ao denunciarem a presença dos elementos cloro, enxofre, ferro e alumínio. Traços de contaminação do concreto armado, que o obrigam a um sério tratamento da corrosão com proteção catódica. Uma grande quantidade de fissuras e trincas passantes podem ser ob-

GLOSSÁRIO

Cloreto de cálcio – composto químico formado por cálcio e cloro. É extremamente solúvel em água e é deliquescente. É um sal que se apresenta no estado sólido a temperatura ambiente e comporta-se como um típico haleto iônico.

Cloretos – sais do ácido clorídrico (HCl).

As melhores estruturas pedem...

SILANO-CORR

É concreto armado e protendido com repelência à água e com agente secreto protetor da corrosão. Não aparecem, mas estão lá dentro, garantindo impermeabilidade natural e proteção para as armaduras e cabos de protensão.

SILANO-CORR

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 21

SILANO-CORR é a proteção natural do concreto aparente.

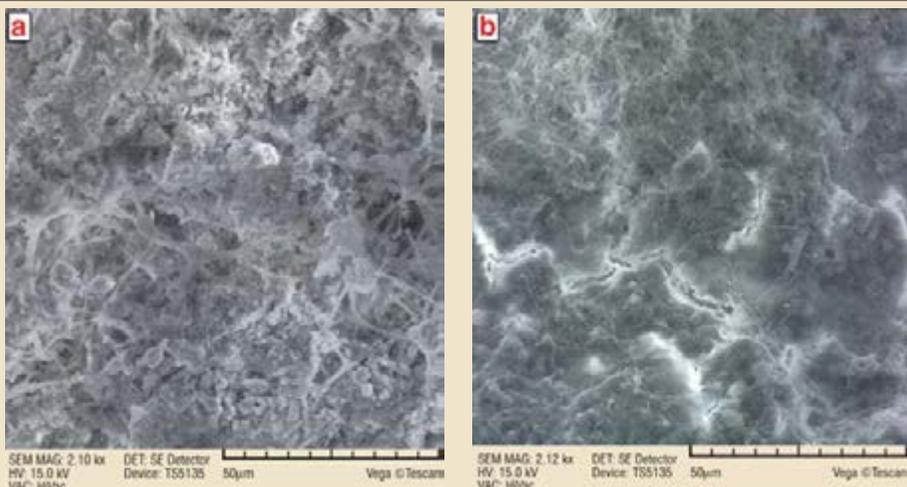


Figura 3

- a) Fibras longas e espessas características da etringita secundária, cristais de cloreto de cálcio, sais de Friedel nas amostras do concreto contaminado da laje.
- b) Fibras finas da etringita secundária, cristais de cloreto de cálcio e as fases gel nas amostras do concreto corroído.

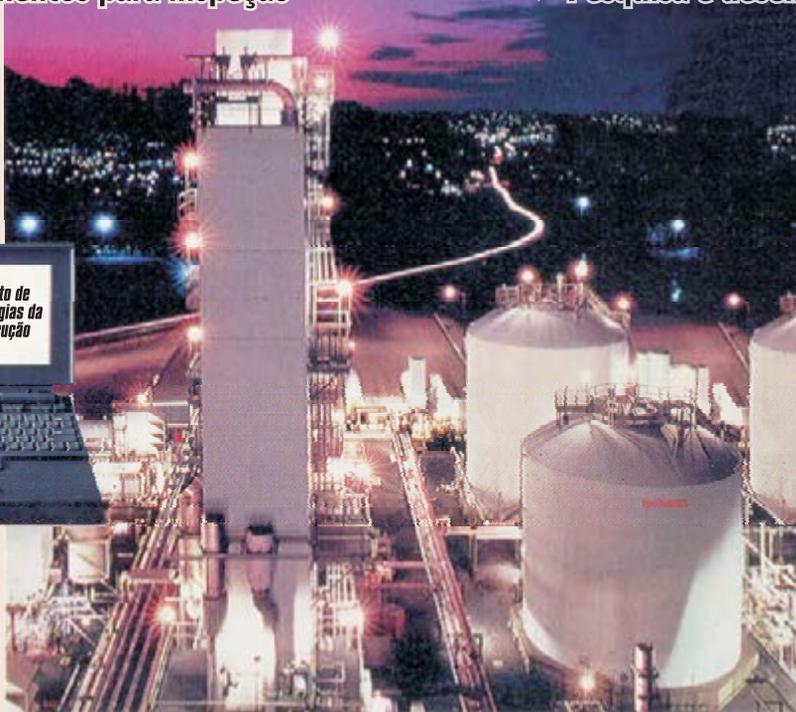


Figura 4 - Região inferior da laje da indústria de onde foram extraídas as amostras.

CONTROLE DA CORROSÃO E PROTEÇÃO CATÓDICA

- ✓ Staff certificado pelo NACE.
- ✓ Análise do estado de ruína.
- ✓ Projetos de proteção catódica.
- ✓ Produtos para proteção catódica.
- ✓ Instrumentos para inspeção

- ✓ Tanques e tubulações.
- ✓ Anodos.
- ✓ Seminários para treinamento.
- ✓ Formulação de especificações.
- ✓ Pesquisa e desenvolvimento.



Tels: (21) 2494-4099 / 2493-4702
Fax: (21) 2493-5553

www.ipacon.com.br
atendimento@ipacon.com.br

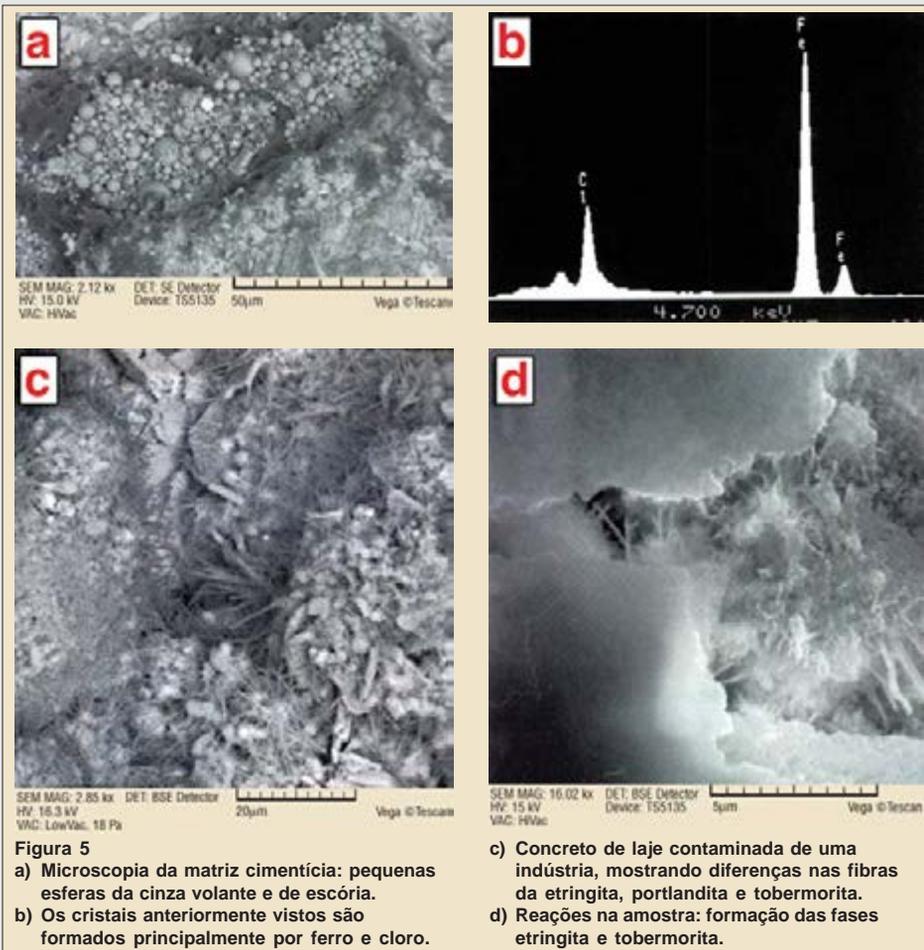


Figura 5

- a) Microscopia da matriz cimentícia: pequenas esferas da cinza volante e de escória.
 b) Os cristais anteriormente vistos são formados principalmente por ferro e cloro.
 c) Concreto de laje contaminada de uma indústria, mostrando diferenças nas fibras da etringita, portlandita e tobermorita.
 d) Reações na amostra: formação das fases etringita e tobermorita.

servadas nas amostras das figuras 5A a 5C. Repare que na foto 5D, a indicação da progressão das reações de corrosão são consequência de grandes quantidades localizadas de etringita (figura 5C).

Mais uma vez, assim, fica comprovado que a MEV é uma excelente ferramenta de análise do concreto ou, propriamente, da matriz cimentícia, podendo determinar sua resistência ou o comportamento químico da ma-

triz cimentícia e sua susceptibilidade aos efeitos contaminantes dos microambientes que a cercam e que acabam por comprometer a e ao aço como hóspede que é.

fax consulta nº 22



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química.
- Watson, D. A. Concrete. In: Construction materials and processes, McGraw-Hill.
- Fagerlund, G. Betongkonstruktioners Beständighet. Cementa, Danderyd. Polish edition by Arkady, Warsaw, Poland.
- Lowinska-Kluge A. et al. Improvement of Concrete Resistance to Acids by Microstructure MODification. In: ICCE/7 Seventh Annual International Conference on Composites Engineering, Denver, USA.
- Malhotra, V.M. et al. Condensed Silica Fume in Concrete, CRC Press Inc., Boca Raton, USA.
- Lowinska-Kluge, A. Corrosion Resistance Cement's Binder Modified by the Special Additive AG. In: Conchem International Conference, Dusseldorf, Germany.
- Lowinska-Kluge, A. Patent No 166057.
- Sujata, K. and Jennings, H.M. Formation of a Protective Layer During the Hydration of Cement.

Reatividade Álcali-Sílica?



Detector de RAS 3000

Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-6740
 fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 23

Agora ficou mais simples checar com o Detector de R.A.S 3000 o gravíssimo problema da reatividade álcali sílica em estruturas de concreto armado. Os dois reagentes do detector de R.A.S. são aplicados separadamente na superfície do concreto, previamente escarificada. Caso o concreto esteja contaminado, aparecerão manchas características, indicando a presença da reação e o seu grau de evolução. Se amarelo, indicará que há R.A.S. Se rosa, que R.A.S. está em estágio avançado.

- Todo teste é feito na própria obra.
- Não é exigido tratamento especial ou qualquer outro equipamento.
- Utiliza apenas 2 reagentes absolutamente seguros e atóxicos.
- Identifica a R.A.S. no concreto, diferenciando esta patologia das demais causas que possam atuar na estrutura.
- Resultados em menos de 5 minutos. Econômico, fácil e rápido de usar.

Fundamentos I

CONHEÇA AS PRIMEIRAS INFORMAÇÕES ACERCA DOS FUNDAMENTOS DA PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.

ANÁLISE

Joaquim
Rodrigues

Figura 1 - A partir de sua construção, o Coliseu recebeu serviços de estabilização e reforço, muitos dos quais serviram como fundamentos para a arte de recuperação. Trata-se de uma obra maravilhosa que periodicamente é motivo de recuperação.

Fundamentos

Patologias das Construções

Esta é a primeira das dez matérias que apresentaremos sob a denominação de PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES – FUNDAMENTOS. O objetivo é esclarecer, orientar e estabelecer discussões, de modo a amateigiar o desenvolvimento de novas idéias e otimizar soluções.

Técnicos e engenheiros do repairbusiness sabem que quando uma estrutura ou mesmo uma simples peça estrutural apresenta comportamento inadequado, seja através de

resistência insuficiente ou problemas de estabilidade, é possível interferir com o uso de diversas técnicas pertinentes à cadeira da patologias das construções.

Os termos estabilizar e reforçar muitas vezes são utilizados de maneira igual ou com a mesma intenção. Estabilizar também é muito utilizado na área de fundações. Conceitualmente, estabilizar é um processo que leva a interromper, em uma estrutura, uma situação particular indesejada e que en-

contra-se em pleno andamento. Reforço, por outro lado, é um processo que culmina em adicionar uma nova capacidade, seja em uma peça estrutural, seja em toda a estrutura.

Em determinados casos faz-se uso da combinação da estabilização do processo anômalo, seguido do aumento de sua capacidade de carga. No quadro a seguir apresentamos uma sinopse sugestiva da avaliação do problema (figura 2).

Continua na pág. 30.

RECUPERAR • Janeiro / Fevereiro 2006



ADESIVO

EPÓXICO 38

O concreto é o mais versátil e econômico material para a construção. Ninguém discute. O **ADESIVO EPÓXICO 38** é o resultado da evolução da arte de colar concreto. Possui a mais alta tecnologia de colagem entre concreto fresco/endurecido (juntas de concretagens) ou concreto/aço. Possui a melhor performance para "soldar" trincas de pisos, colagem entre superfícies de concreto endurecido (peças estruturais pré-moldadas), fixação de apoios de pontes, placas de comportas de barragens, ancoragem de cabos e fixação de todo tipo de material de construção. O moderníssimo **EPÓXI 38** é formulado com consistência fluida, consistência tixotrópica, para pega ultra rápida e para imprimação. Conheça hoje mesmo a nova tecnologia em aditivo estrutural **EPÓXI 38**. Evolua você também. Colagem estrutural? **EPÓXI 38**.



EPÓXI 38
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 30

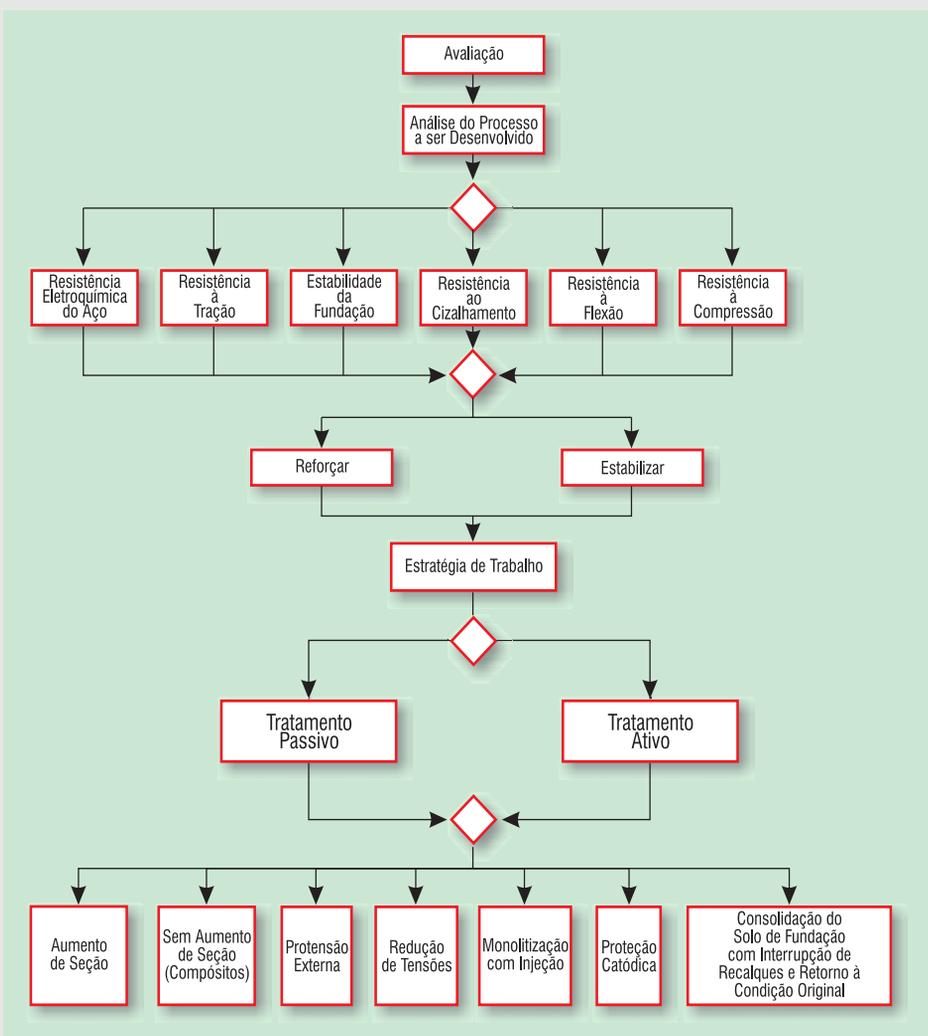


Figura 2 - Sinopse para ataque ao problema.

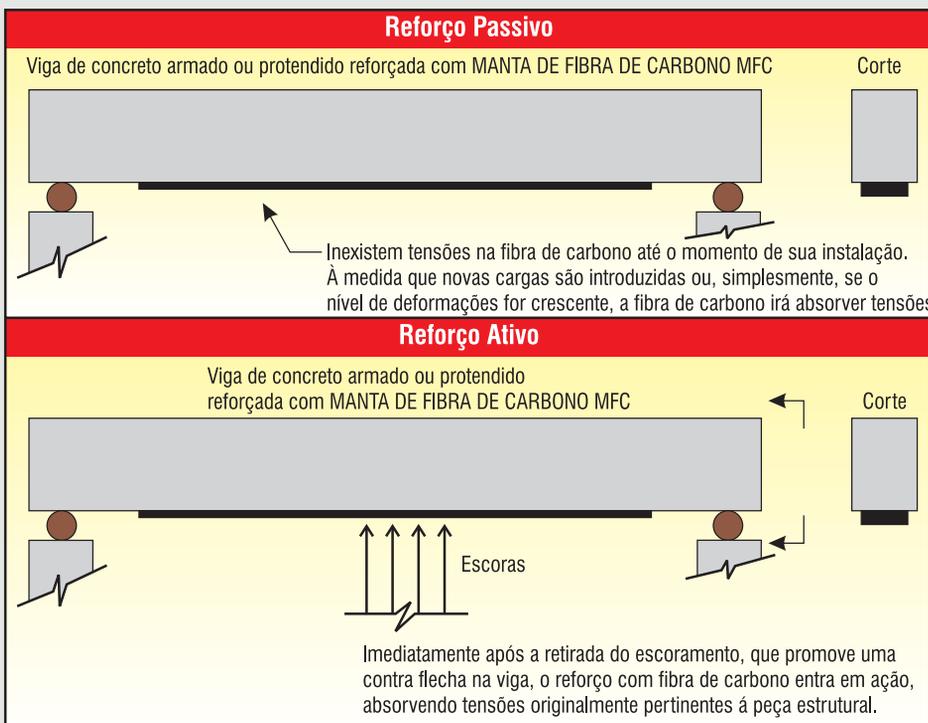


Figura 3 - Reforços passivos e ativos.

Considerações sobre o tratamento ativo e passivo

As técnicas de estabilização e reforço podem ser inseridas de maneira passiva ou ativa, dependendo apenas de como irão pactuar com as cargas atuantes na peça estrutural ou na estrutura. Se o trabalho efetuado entra na peça estrutural absterrendo tensões, é taxado de ativo. Muitas patologias, que apresentam deformações inaceitáveis, exigem este tipo de tratamento. De outra maneira, ou seja, o trabalho de reforço ou estabilização que entra quietinho, não participando do banquete de tensões e deformações existentes na estrutura, ou até que sejam inseridas cargas ou deformações adicionais, tem crachá de passivo (figura 3).

Como será o convívio do material de reforço com a estrutura?

Uma das maiores causas de insucessos nos serviços de recuperação/reforço/estabilização é a inexistência do conhecimento da interação entre o novo material aplicado e a estrutura original. Torna-se mais do que necessário, é fundamental entender como o novo material irá se comportar após a sua inserção, como também durante sua aplicação e o seu desenvolvimento até a cura total. Utilizamos, hoje, nos serviços de reforço/estabilização, compostos sintéticos (por exemplo, fibra de carbono e epóxis) e compostos cimentícios como grouts, concretos simples ou poliméricos, além de armaduras. Todos estes materiais são frágeis durante seu processo de cura. Se houver comprometimentos durante este período, ou melhor, se sua adolescência não for completa, perfeita e feliz, ter-se-á um adulto meio bandido, quer dizer, um material de reforço mal formado e com performance inferior à prognosticada.

É importante entender e considerar o comportamento dinâmico a que a peça estrutural ou a estrutura está ou ficará submetida. Uma viga com trincas pode parecer estática. No entanto, um raio X do seu nível de tensões pode informar que há movimentos devido a cargas vivas ou ativas atuantes e, invariavelmente, devido a ação térmica do ambiente mutante circundante (figura 4). O problema é que aos nossos olhos tudo parece estático. Se colocarmos medidores de trincas, tipo SAT ou AVONGARD, por exemplo, veremos movimentos que poderão ser ou não regulares e até significativos. Um

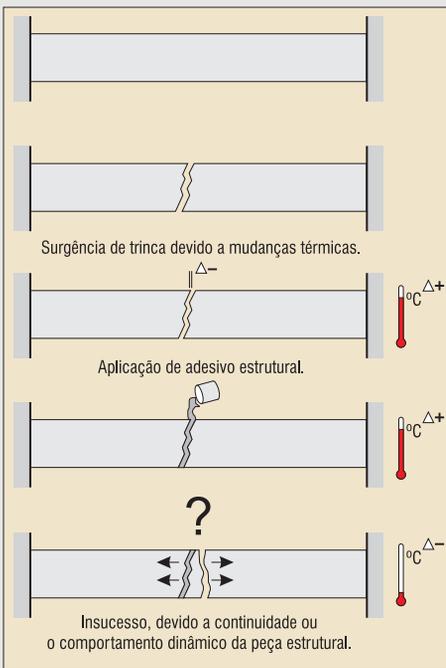


Figura 4 - Ignorando as tensões térmicas.

exemplo clássico é a monolitização de uma viga com adesivo (epóxi ou metacrilato) de alto módulo, quer dizer 100% rígido. Caso existam movimentos, novas trincas surgirão. Uma solução para este caso é o uso de adesivos semi-rígidos, tipo EPÓXI 36.

Com ou sem aumento de seção?

Com o advento dos modernos compósitos no repairbusiness, estabeleceu-se uma condição bem particular nos serviços de reforço e estabilização: ausência de seção adicional na peça ou na estrutura a ser reforçada. Tradicionalmente, convivíamos com aumentos de seção, devido a incorporação ou adição de mais concreto armado na estrutura original, de modo a melhorar sua rigidez ou capacidade de carga. Nesta antiga condição, ainda bastante útil e empregada, ficamos condicionados a um período de cura do cimento portland e o crescente nível de resistência da matriz cimentícia. O reforço/estabilização com compósitos à base de FIBRA DE CARBONO, Kevlar® ou FIBRA DE VIDRO ESTRUTURAL incorporados a estrutura debilitada com epóxis de cura rápida, introduz altos níveis de resistência em questão de horas e um imediatismo muitas vezes necessário e obrigatório.

A corrosão do aço

Invariavelmente, o aço da construção possui a força necessária para detonar volta-

gens, devido às inerentes pilhas de corrosão existentes em seu bojo. Ao longo do corpo da barra de ferro ocorrem diferenças de voltagens naturais, devido a presença maciça de ferro e da diminuta quantidade de metais dissimilares como manganês, cromo etc, na composição do aço em contato com soluções ou água intersticial, rica em espécies iônicas próprias do ambiente corrosivo em torno da estrutura. É a chamada corrosão galvânica ou corrosão por pilhas formadas entre metais diferentes, à semelhança de uma pilha que alimenta um comando de televisão.

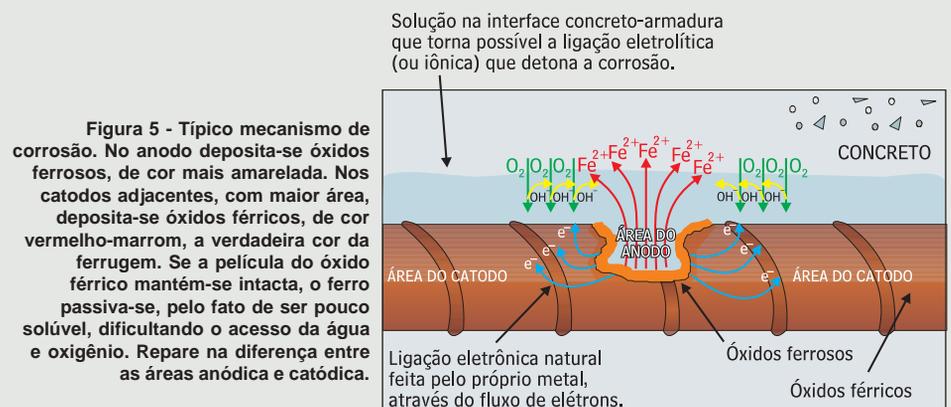
A corrosão por pilhas

O aço, como explicamos acima, não é um metal puro. Advém do minério de ferro que, na forma de rocha, é extraído com impurezas e depois submetido a processos químicos e mecânicos, até chegar na forma do aço. Desconsiderando-se os processos aos quais é submetido, o fato é que o mesmo absorve uma considerável quantidade de energia durante sua transformação. Naturalmente reativo, mas agora com energia saindo pelo ladrão, particularmente devido a inserção de outros metais, o ferro, travestido de aço, é a própria imagem da instabilidade eletroquímica, a semelhança de todo e qualquer material criado pelo homem. A severidade do ambiente circundante causa neste metal artificial corrosão localizada ou generalizada. Isto, devido a diversidade de energias que cada metal incorporado possui. O advento da água e do oxigênio interfaceando-os é suficiente para detonar a corrosão. A surgência de elementos contaminantes na solução que percola pelos vazios do queijo suíço chamado concreto é fator acelerante para o processo de destruição de suas armaduras. Ou seja, à medida que os vazios do concreto se enchem de

solução, e esta chega a uma determinada região da superfície da barra de aço, os diferentes metais de sua composição intercomunicam-se e acendem o estopim das bombas de fragmentação que explodem à medida em que o show continua. O lucro da Corrosão Futebol Clube, naquela região chamada anódica entra em aclave, alimentada por regiões catódicas vizinhas que mais parecem cartolas com contas em paraísos fiscais. A moeda de troca, que tem valor aqui, chama-se oxigênio (O_2), mas até íon hidrogênio (H^+) entra na transação da Corrosão F.C. Traduzindo, na região anódica da barra o metal ferro (Fe^0), zerado de dívidas, passa à condição negativa de íon ferroso (Fe^{-2}), literalmente boiando na solução interfacial concreto-armadura, devido aos dois elétrons sacados pelos cartolas catódicos vizinhos. Estes, por sua vez, com muito O_2 e H^+ no bolso, verdadeiros sequestradores de elétrons, dão como troco íons hidroxilas perversos para reagir com íons ferrosos (Fe^{-2}), formando produtos da corrosão, ou seja, óxidos ferrosos (figura 5). O que se vê, então, mais parece uma trama futebolística sem fim. Vamos esmiuçar os mecanismos desta confederação corrupta, quer dizer corrosiva, cheia de pilhas.

GLOSSÁRIO

- Polarização** – é a mudança do potencial de circuito aberto da armadura (em seu estado original de corrosão) pela introdução de uma corrente, através da interface concreto/armadura.
- Elemento sintético** – obtido através da síntese (composição) em laboratório.
- Anodo** – eletrodo onde ocorre a oxidação ou a corrosão.
- Catodo** – eletrodo onde ocorre a redução.
- Semipilha** – metal padronizado, imerso em um eletrólito apropriado ou adequado, destinado a medir o potencial (voltagem) do aço.
- Corrosão** – reação eletroquímica entre as pilhas naturais existentes no aço e seu ambiente. No caso, o concreto, o qual é responsável por sua desintegração.



Os tipos de pilhas de corrosão

Cada ambiente que circunda uma estrutura, na verdade, é constituído de micro-ambientes. Um exemplo característico é uma indústria onde se faz produtos químicos variados. Em cada um destes ambientes haverá um comportamento diferenciado da

GLOSSÁRIO

Aço – liga formada com cerca de 97% de ferro. Possui pequena porcentagem de carbono e outros metais, entre os quais cromo, tungstênio, vanádio, manganês, níquel, alumínio etc, podendo-se categorizá-lo em três grandes grupos. O ferro isento de carbono é bastante mole, de tal forma que poder-se-á raspá-lo com uma simples faca. Os aços da construção, um dos três grupos acima caracterizados, contêm cerca de 0,35 a 0,55% de carbono e subdivide-se, basicamente, em três grupos:

- aços de construção ao manganês-silício, com porcentagens máximas de 0,40% de carbono, 1,40% de manganês e 1,40% de silício.
- aços de construção ao cromo-molibdênio, com porções máximas de 0,45% de carbono, 0,80% de manganês, 0,35% de silício, 1,30% de cromo e 0,40% de molibdênio.
- aços de construção ao cromo-níquel, com porções máximas de 0,40% de carbono, 0,80% de manganês, 0,35% de silício, 0,95% de cromo e 4,75% de níquel.

Quimicamente, o aço forma íons de ferro coloridos, ou seja, íons ferrosos solúveis, Fe+2, e íons férricos, Fe+3, que funcionam como verdadeiros catalizadores devido a esta capacidade de mudança de valência. Os óxidos e hidróxidos formados por estes dois íons representam o processo de corrosão do aço, responsável por prejuízos astronômicos no mundo inteiro, da ordem de bilhões de dólares/ano.

Pilha galvânica – dispositivo em que a energia elétrica que surge é gerada por mudanças químicas. Basicamente, consiste de dois metais diferentes em contato, tendo uma solução interligando-os também.

corrosão. Os potenciais de corrosão analisados com a semi-pilha CPV-4 são, como se sabe, potenciais mutantes. O aço nunca para de corroer em ambientes corrosivos. Seu comportamento traduz-se em velocidades de corrosão. Existirá sempre perda do metal na forma de íons Fe^{++} , nos anodos, de acordo com a presença da água e da forma com que o oxigênio se difunde nos catodos, de modo a alimentar o processo anterior.

De um modo geral, poder-se-á entender que a perda de seção do aço nos anodos, alimentados pelos suprimentos fornecidos aos catodos podem ocorrer tão próximos quanto na figura 5, ou seja numa mesma região da superfície aço. É o que estamos habituados a ver no nosso dia a dia nas estruturas. No entanto, é comum encontrarmos corrosão nas armaduras do concreto ocorrendo em regiões separadas. Unidas, seja em cama de casal ou de solteiro, ambas as reações geram a dissolução do aço através da formação de, respectivamente, micro ou macro pilhas de corrosão. As primeiras já conhecemos. Vamos conhecer as macro-pilhas, também chamadas de pilhas de corrosão diferencial. É freqüente vermos regiões anódicas onde há perda da seção do aço e ricos catodos acontecendo em regiões diferentes, separadas ou distantes. Cada uma destas regiões tem seu próprio potencial livre, leve e solto mas que, devido a continuidade da armadura, garantindo o contato elétrico há, conseqüentemente, a troca e a

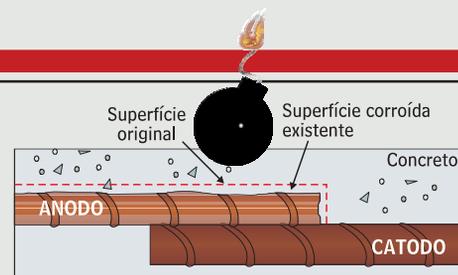


Figura 6 - A pilha por contato bimetalico durante o transpasse das armaduras, utilizando-se aço de diferentes procedências. A condutividade da solução estabelecerá a velocidade e a distribuição da corrente galvânica.

conseqüente polarização anódica no anodo e catódica no catodo. As pilhas de corrosão diferencial se manifestam de quatro maneiras particulares nas estruturas de concreto armado-protendido. Todas são extremamente sensíveis a um desequilíbrio entre áreas catódica e anódica, conforme já mostramos. Vamos conhecê-las.

1) Pilha por contato bimetalico, também chamada de corrosão de contato ou corrosão galvânica plena, ocorre quando interliga-se um aço a outra qualidade de aço ou metal mais nobre no concreto, seja armado ou protendido. Isto porque cada siderúrgica poderá produzir ligas de aço diferenciadas e com potencial de corrosão diferente para cada ambiente. A presença de água ou soluções nos vazios do concreto interliga eletricamente estas ligas, polarizando catodicamente a que tem potencial de corrosão menos negativo, ou seja, reduz sua velocidade de corrosão. A outra, coitada, com potencial de corrosão mais negativo é polarizada anodicamente, naturalmente com maior velocidade de corrosão (figura 6).



Grupo Falcão Bauer

Qualidade Presente Garantindo o Futuro

- Inspeções, recuperação e reforço estrutural convencional e com fibra de carbono.
- Gerenciamento e fiscalização de obras.
- Provas de carga e controle de recalque.
- Controle global da qualidade na construção civil, controle tecnológico de concreto, solos, pavimentação e estruturas metálicas.
- Análises químicas, físicas e metalográficas.
- Meio ambiente.

Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

bauer@falcaobauer.com.br

51 ANOS

A melhor proteção para tubulações



Tubulações aéreas e enterradas têm que ser protegidas contra a corrosão. A melhor e mais eficaz barreira protetora contra a corrosão chama-se **DENSO**. Seu mais novo lançamento – **DENSO BANDA VERDE** – é um não tecido de fibra

sintética termofixado e revestido com massa anticorrosiva à base de petrolatum, parafina, cargas minerais e agentes anticorrosivos. Protege, com **garantia mínima de 20 anos, tubos e tubulações**, além de válvulas e acessórios de gasodutos e aquedutos, barras de ancoragem etc. Nada de pinturas. Proteja uma vez só. **Use DENSO.**

DENSO BANDA VERDE

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-6740

fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 31

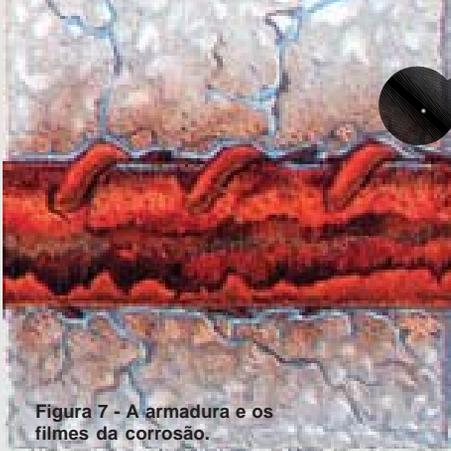


Figura 7 - A armadura e os filmes da corrosão.

2) Pilha por filme da corrosão. Quando o aço chega na obra, observa-se uma película de óxidos amarronzados sobre sua superfície. Nada mais é do que o produto da sua corrosão, formando uma barreira protetora contra o ambiente. Se esta barreira é danificada, de modo a expor a superfície do aço, o que acontece durante os trabalhos de movimentação e arrasto das barras no canteiro, assim como durante o corte e dobra pelos armadores, a velocidade da corrosão na área exposta aumenta, exatamente porque o filme de óxidos férricos que forma a barreira à ação catódica, embora não seja um metal, atua como, sendo mais nobre (catodo) do que a superfície exposta original (anodo). Qualquer região trabalhada a frio no aço torna-o mais anódico. Um detalhe que deve ser ob-

servado é que o aumento da concentração daqueles íons ferrosos $Fé^{++}$ na superfície do anodo, pelo fato de serem solúveis, aumenta gradativamente o potencial da região em 30mV. Logo, havendo água, oxigênio dissolvido etc, ou seja, um concreto de baixa resistividade, ter-se-á corrosão naqueles locais, preferencialmente (figura 7).

3) Pilha por aeração desigual. Ocorre em fachadas de edificação, ao longo dos pilares. Neste exemplo é comum encontrarse regiões de um mesmo pilar revestido com diferentes materiais, garantindo diferentes penetrações (concentrações) de oxigênio. Assim, por exemplo, na figura 8 a região das vigas ao longo dos pavimentos é revestida com pastilha, o que garante menor fluxo de oxigênio e água, enquanto que nas demais regiões o concreto encontra-se aparente ou emboçado, com mais fluxo de oxigênio e água. A primeira situação forma um anodo e corrói, já a segunda, com mais oxigênio, garante o prêmio de catodo.

4) Pilha por pH desigual. Desencadeia pilhas de corrosão em uma mesma armadura. O potencial de uma barra imersa em um concreto A é levemente diferente daquele

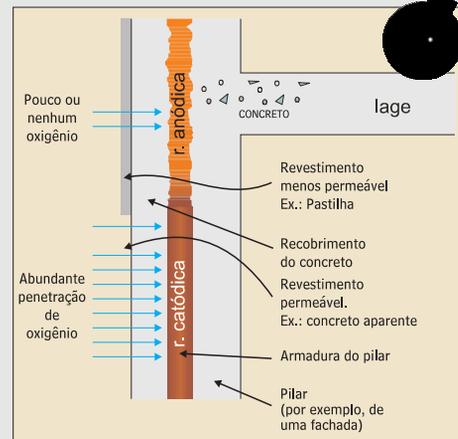


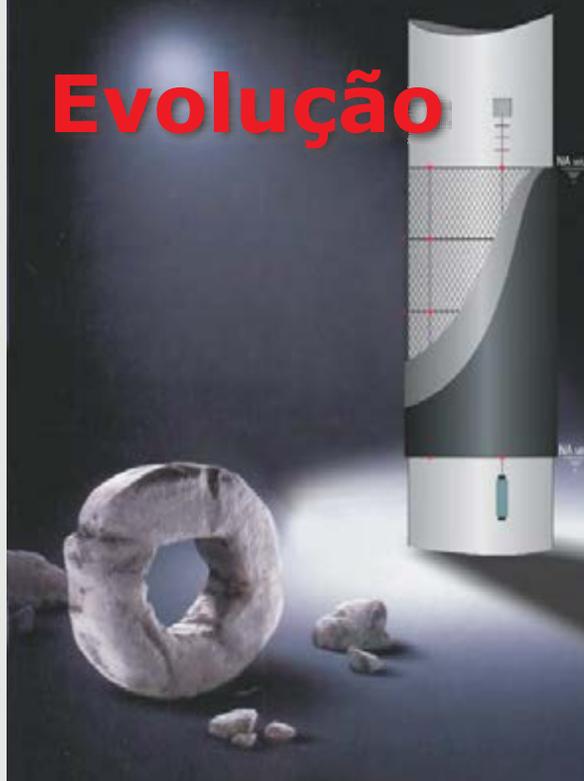
Figura 8 - Um exemplo típico de pilha por aeração desigual provocada pela diferença de concentração de oxigênio que chega à superfície do concreto.

sob um concreto B. Efetivamente, o potencial original ou nativo de um aço varia de acordo com o ambiente de contato,

GLOSSÁRIO

- Liga** – metal resultado da solidificação de uma mistura de dois ou mais metais, previamente fundidos.
- Potencial eletroquímico** – é a energia de transferência entre metais ou elementos eletricamente carregados.
- Potencial de uma superfície** – é o potencial medido com uma semi-pilha em uma superfície, submetido a uma solução ou eletrólito.
- Eletrólito** – substância química em forma de solução líquida, contendo íons.

Evolução



JAQUETA G



Anti-Corrosion Protection System for Reinforced Concrete Piles

Barreiras passivas não protegem nada na zona de variação da maré. Água salgada e aço não combinam. Proteção total contra a corrosão em estacas de concreto armado-protendido? **JAQUETA G.**

JAQUETA G
 Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-6862
 fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 32

seja ele concreto, argamassa, grout ou pintura. Isto causa uma diferença de potencial suficiente para detonar uma pilha de corrosão, motivada particularmente pelo pH desigual do ambiente. É o caso comuníssimo das “recuperações estruturais” feitas com argamassas pré-fabricadas ou grouts. Ao removermos o resto do concreto de uma área já com deslocamento e exposição das armaduras corroídas estamos delimitando uma área 100% anódica do aço, submetida a um ex-concreto com pH alterado, digamos, igual a 10. Ao aplicarmos a técnica convencional de recuperação, seja com concreto projetado, epóxi, com argamassa feita na obra ou pré-fabricada, impor-se-á a passivação sobre as armaduras anteriormente anódicas. Quer dizer, tornar-se-á catódica invariavelmente com um pH superior às regiões vizinhas da peça estrutural. O resultado prático desta metodologia antiquada e perniciosa à estrutura, vide a ciclicação natural de quase todo serviço de recuperação estrutural, é que o potencial da área “recuperada” ou passivada torna-se brutalmente menos negativo, passando por exemplo de -390mV para -210mV . Ocorre que o potencial das regiões vizinhas, anteriormente catódicas, permanecem com seus potenciais solidários à antiga região travestida, ou seja, com valores próximos, algo como -320mV . Assim, as regiões vizinhas são literalmente sabotadas pela “recuperação” efetuada. Quer dizer, com um potencial banana

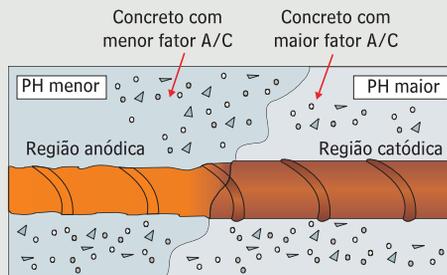


Figura 9 - A simples existência de diferenças de pHs entre regiões do concreto, provoca a formação de pilhas de corrosão por pH desigual.

quente de -320mV na mão seu crachá informa agora tratar-se de área anódica. A área “recuperada” está com seu crachá piscando área catódica. Moral da estória, provocou-se uma inversão de estados (figura 9).

A falência do equilíbrio fundação-solo

No repairbusiness, muitas vezes, nos deparamos com situações difíceis quando encontramos construções submetidas a recalques crescentes e intoleráveis. Para complicar, comumente, encontramos restrições à movimentação dos equipamentos que possibilitarão a execução dos serviços de estabilização e reforço da fundação, quase que invariavelmente, com introdução de novas estacas. Outro tipo de restrição é a introdução de água no solo de fundação, durante os serviços de perfuração, piorando ainda mais suas condições, particularmente nos solos argilosos.

Uma nova técnica de estabilização/reforço de fundações, chamada compactação por groutamento e drenos, CGD, também conhecida por Compaction Grouting com drenos apresenta custo benefício super interessante. Mais informações sobre esta técnica, consulte o número 60 da RECUPERAR.

fax consulta nº 33



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Fundamentos.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- Johnson, S.M. Deterioration, Maintenance and repair of structures. McGraw-Hill Book Co.
- Klaiber, F.W. et al, “Methods of strengthening existing highway bridges, NCHRP report 293.
- Johnson, B.M., and Wilson, A.H. “Terminology of building conservation industry, Division of building research, NRC, Canadá.
- Evaluation and repair of concrete structures, Engineer manual EM 1110-2-2002 U.S. Army Corps of Engineers.
- Warner, J., “Selecting repair materials, concrete construction”.
- Concrete repair and maintenance illustrated, Peter H. Emmons and Brandon W. Emmons.

Junta Evazote

JUNTA EVAZOTE é resistente à ação mecânica e química. Ideal para ser aplicada em todo tipo de juntas de dilatação, tanto de pontes como de edificações. Trata-se de uma borracha extremamente resistente ao tempo e ao desgaste abrasivo, sendo totalmente impermeável, formada com copolímeros de polietileno de baixa densidade e acetato de etileno vinílico.



100% atóxica, pode ser usada em contato com água potável.

JUNTA EVAZOTE
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 34