

## O fim da corrosão ao alcance de todos

“A nova técnica de proteção catódica, com pintura energizante a base de grafite, promove o fim da corrosão em qualquer tipo de construção que tenha concreto armado”.

Joaquim Correia Rodrigues



Antes de mais nada, precisamos entender e aceitar que, após os trabalhos de recuperação do concreto armado por corrosão de suas armaduras, o processo causador continua lá, vivo e atuante, prometendo novos trabalhos de recuperação em outras partes da estrutura e neste mesmo local em poucos anos. Logo, além de se recuperar é necessário também interromper o processo de corrosão. Efetivamente, entendemos que esta antiga técnica de interrupção da corrosão, agora, pela primeira vez, viabilizada, técnica e economicamente para as estruturas de concreto armado, é de receita obrigatória quando se constata a contaminação do concreto por agentes corrosivos (figura 1).

### O mecanismo

Para explicar o mecanismo de prevenção da corrosão nas armaduras, informaremos inicialmente como a corrosão ocorre, para em seguida, se estender o conceito de proteção catódica (PC). A corrosão no concreto armado é um processo eletroquímico e se verifica sempre que, em uma armadura em contato com o concreto - que é o eletrólito - apareçam pilhas ou células de corrosão (áreas anódicas e catódicas).

As células de corrosão sempre existem no aço, devido a própria dissimilaridade do aço e a atuação de agentes corrosivos como os cloretos. Com o aparecimento das áreas anódicas e catódicas, em presença do concreto, surge um fluxo de corrente contínua mostrada na figura 1, que constitui o processo de corrosão eletroquímica. Se, por um processo artificial, ambas as áreas da figura forem transformadas em

### Superfície do concreto sem proteção

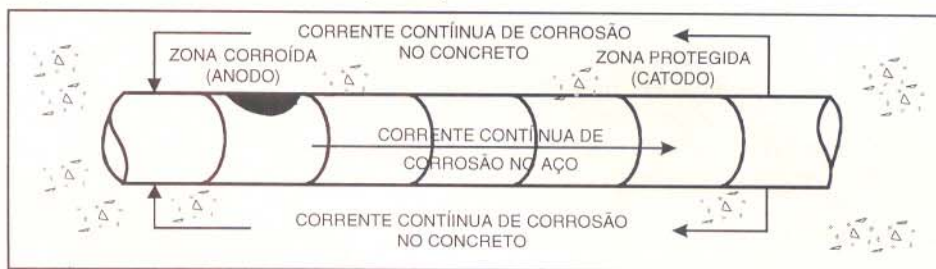


Figura 1: Pilha de corrosão nas armaduras do concreto



Figura 2: Esquema de interrupção da corrosão com a pintura energizante.

catódicas, transportando-se a área anódica para a superfície do concreto, em forma de pintura a base de grafite, deixará de existir a diferença de potencial entre as duas áreas da armadura, parando de existir também o fluxo de corrente contínua de corrosão e, portanto, o processo corrosivo (fig. 2).

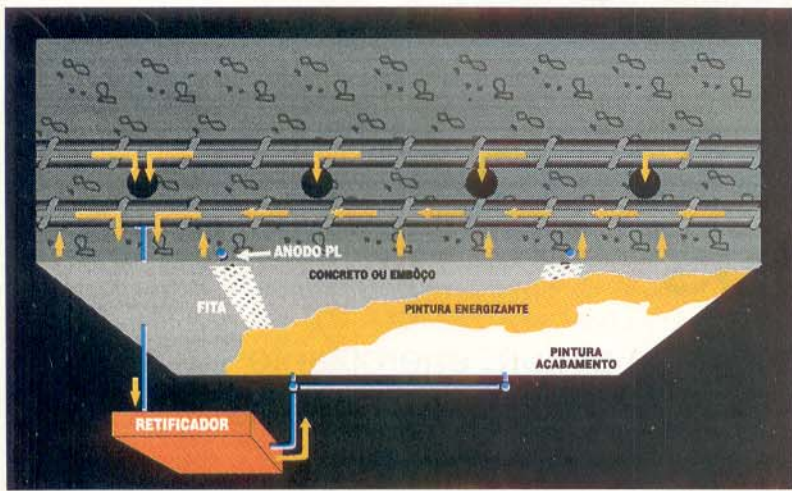
### A nova técnica

Este sistema interrompe completamente o processo de corrosão nas armaduras do concreto armado, seja em lajes, vigas ou pilares de casas, edifícios,

pontes, viadutos, indústrias ou qualquer construção.

Vale dizer que, este sistema é usado há mais de dez anos nos EUA, com bastante sucesso, tanto em novas construções como antigas, já sujeitas aos efeitos da corrosão nas armaduras.

Trata-se de um sistema em que, após a fixação de um finíssimo fio de titânio/platina na superfície do emboço, ou preferencialmente do concreto, é aplicada uma camada de tinta especial, à base de grafite, em uma determinada espessura, com rolo simples ou com spray utilizando-se uma pequena bomba airless de pintura.



O revolucionário método de interrupção da corrosão com P.C. a base de pintura energizante. Repare os dois anodos de platina que energizam a pintura.

Um diminuto equipamento, chamado retificador, que energisa o fio de platina, e também é conectado à armadura, é ligado em qualquer fonte de 110 volts, transformando a corrente alternada em corrente contínua. A voltagem e a corrente gerada pelo retificador são muito pequenas, sendo medidas em milivolts e miliampéres. Para se ter uma idéia, a corrente é da ordem de 0,1 mA/cm<sup>2</sup> de área de armadura a ser protegida. Basicamente, o sistema gera uma voltagem que induz uma corrente de proteção da película de tinta para as armaduras, através do concreto, fazendo com que as mesmas funcionem como catodo, e, portanto, não mais sofrendo corrosão.

**A praticidade do sistema é tão grande que pode ser aplicado sobre qualquer revestimento (emboço) que esteja cobrindo o concreto.**

Desta forma, as armaduras do concreto ficam polarizadas ou novamente em estado de passivação.

Um instrumento que é embutido no concreto, entre a armadura e a pintura

energizada - a célula de referência - informa, permanentemente, como está o sistema, medindo o fluxo de corrente que flui através do concreto vindo da pintura (anodo) para as armaduras (catodo).

A praticidade do sistema é tão grande que pode ser aplicado sobre qualquer revestimento (emboço) que esteja cobrindo o concreto. Seu preço varia de R\$ 40,00 a R\$ 80,00 o metro quadrado. A garantia dada pelo fabricante é de vinte até trinta anos, dependendo do caso. Normalmente, exige-se um trabalho preliminar para se avaliar e quantificar o processo de corrosão, definindo-se as áreas onde o sistema será aplicado.

A seguir apresentamos alguns exemplos de aplicação do sistema.

#### Varandas do Hotel Sheraton em Norfolk, Virgínia

O concreto armado das varandas apresentava, em diversos andares, deslocamentos provenientes do processo de corrosão nas armaduras. A opção pela utilização da interrupção da corrosão deveu-se ao fato de, anteriormente, já ter havido duas recuperações e o concreto apresentar contaminação por cloratos.

Após os trabalhos de recuperação das regiões em processo de deslocamento,



O Sheraton, após os serviços de recuperação e PC em suas varandas



O prédio do hotel Sheraton, de frente para o mar e o estado das varandas

executou-se a PC com pintura a base de grafite. Apenas um pequeno retificador, situado no térreo da edificação, foi necessário.

#### Filene's (loja de departamentos) em Boston, Massachusetts

No subsolo da edificação, dois pilares apresentavam graves sinais de corrosão em suas armaduras, com grandes deslocamentos. Após análise, verificou-se que o processo de corrosão não só atingia os pilares como também os blocos e estacas.

# 3M

## BONS MOTIVOS PARA UMA OBRA PERFEITA

**MR**  
**SCOTCH-CLAD**  
REVOLUÇÃO  
NA  
IMPERMEABILIZAÇÃO

#### Problemas

Impermeabilizações com mantas asfálticas com necessidade de proteção mecânica e piso final para pedestres ou automóveis. Resultado: sobrecarga na laje e custos elevados de manutenção e reimpermeabilização.

#### Solução

Com revolucionária tecnologia, a impermeabilização SCOTCH-CLAD para pisos simples e estacionamentos é a base de resina de poliuretano com altíssima elasticidade e resistência. Disponível em várias cores, não necessita proteção mecânica nem piso final, já que pode ser aplicado com finos grãos de quartzo. Espessura final 1,5 mm.



← Coberturas



Estacionamentos ↗

**3M DO BRASIL**

TEL - 0192-547444 / FAX 0192-521586



O estado de um dos pilares da Filene's



Um dos pilares após os serviços de PC com pintura energisante

Estes pilares apresentavam histórico de uma recuperação anteriormente executada.

Após os trabalhos de recuperação dos deslocamentos, foram tratados com PC a base de pintura com grafite. Os blocos e estacas receberam outro processo de interrupção da corrosão.

### Pontes gêmeas na Virgínia

Estas duas pontes, em concreto armado, apresentavam pequenos e grandes deslocamentos nas travessas e pilares devido à corrosão das armaduras, além do que, pouca espessura em sua camada de recobrimento. Após os trabalhos de recuperação, o departamento de estradas daquele estado optou por aplicar PC. O sistema projetado foi com pintura a base de grafite.



As duas pontes durante os trabalhos de recuperação.

### Prédio novo em Abu Dhabi, na República Árabe Unida

Esta edificação, situada de frente para o mar, como prevenção, após todos os trabalhos de concretagem, foi inteiramente protegida com este sistema.



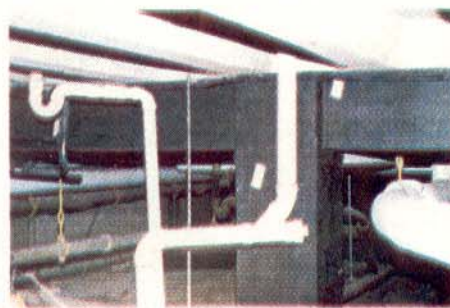
Prédio em Abu Dhabi, na República Árabe Unida, situado em frente ao mar, executando PC, após os trabalhos de concretagem.

### Diversos hospitais em New York, Chicago, Flórida, Puerto Rico e Maine

Estas edificações apresentavam deslocamentos, também provocados por corrosão nas armaduras do concreto. Estes sintomas eram mais acentuados nos tetos dos compartimentos. Como solução, foi adotada pintura a base de grafite.



No teto da garagem deste hospital foi feito a P.C. com pintura a base de grafite



Vigas e pilares deste hospital, no Maine, após os trabalhos de P.C.



Cobrindo o fio de platina com a pintura a base de grafite

### Estádio da Universidade da Pensilvânia

Este estádio, com mais de 80 anos, apresentava, em toda a região inferior das arquibancadas, sintomas de manchas de óxidos provenientes da percolação d'água através do concreto, ocasionando corrosão nas armaduras, além de sérios e repetidos deslocamentos. Após fazer o mapeamento de todo o processo de corrosão com equipamento "meia pilha", conectado a um software, obteve-se rapidamente informações que possibilitaram diagnosticar o comprometimento total, por corrosão, de todo o concreto armado das arquibancadas do velho estádio.



O estado das arquibancadas do estádio, antes dos trabalhos de recuperação e P.C.



Vista aérea do estádio.

Após a recuperação dos deslocamentos, optou-se por interromper o processo de corrosão com pintura a base de grafite.

Maiores informações, risque o número 51 no fax consulta.

# Concreto com reação álcali-agregado

## Detectando e avaliando o problema na obra

Joaquim Correia Rodrigues



Um novo teste detecta, na obra, a presença do gel da reatividade álcali-silica (RAS), que é a forma mais comum de reatividade alcali-agregado.

A reatividade álcali-silica (RAS) é a maior causa da deterioração de estruturas de pontes e viadutos de concreto em rodovias, nos EUA. Estes danos, uma vez detectados a tempo, permitem que se façam recuperações econômicas nas regiões da estrutura afetada. No Brasil, há barragens com este problema.

### O Básico da R.A.S.

Na verdade, este problema é difícil de detectar nos estágios iniciais, podendo demorar anos para ser reconhecido. A RAS produz um gel — como substância — quando a sílica do agregado reage com o alcali (sódio e potássio), essencialmente o existente no cimento. Se houver suficiente penetração de umidade no concreto, o gel a absorverá e como consequência haverá expansão. Esta expansão, se confirmada, causará pressões que provocarão trincas e fissuras no concreto.

O gel produzido pode ser duro ou mole e filtra pelos poros ou trincas, sendo coletado na superfície. As trincas, ou o estado de fissuração, podem ser diversificadas ou ter uma certa padronização, na maioria das vezes são identificadas como fissuração ou trincas em forma de mapa. Podem ocorrer também erupções de material pulverulento à superfície. A maioria da sílica mineral não cristalina, como a opala, é

potencialmente reativa com o álcali do cimento. Algumas rochas ígneas e metamórficas silíceas também são potencialmente reativas. A expansão pode exceder a 1500% em argamassas e 0,500% no concreto, fraturando-o.

Nos estágios iniciais da formação do gel, o processo é impossível de ser detectado com uma simples inspeção visual, necessitando retirar-se amostras para análise, em laboratório, com utilização de microscópio.

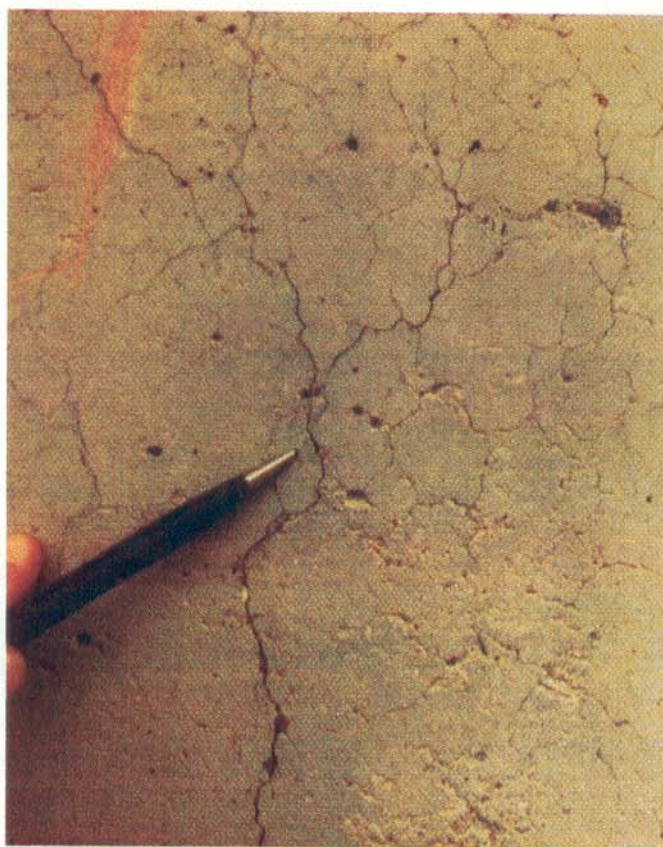


Figura 1: Close de um estado de fissuração devido a RAS em um pilar de ponte. Repare as fissuras em forma de mapa. As fissuras maiores estão orientadas de forma longitudinal, em relação ao pilar, não abrangendo toda a sua extensão. Fissuras devido a retração por secagem associam-se ao diagnóstico.

### Detectando a R.A.S. na obra.

Recentemente foi desenvolvido, pela universidade de Cornell, um método rápido, não destrutivo, denominado “teste de RAS gel fluorescente” que permite a detecção visual da RAS, no local, sem utilização de microscópio. Para sua realização, é necessário aplicar, na superfície do concreto escariado, uma solução a 5% de acetato de uranil, permitindo-se que a solução reaja por alguns minutos. A seguir, utilizando-se luz

ultravioleta (UV), observa-se a superfície do concreto no escuro. Se o gel da RAS estiver presente, o íon urânio substitui o alcali no gel dando um brilho fluorescente verde-amarelo.

Para a realização do teste é necessário:

- Uma lâmpada especial de luz ultravioleta com pequeno comprimento de onda.
- Óculos protetor para luz ultravioleta
- Óculos de proteção e luvas de borracha para quando for aplicar a solução de acetato de urânio.
- Um visor panorâmico que veda toda a luz natural, permitindo apenas a luz UV da lâmpada especial.
- Um pequeno martelo elétrico ou marreta/ponteiro para escariar a superfície do concreto.

O teste pode ser executado em qualquer superfície de concreto, no entanto, é mais preciso se escarificarmos a superfície e o expormos a uma profundidade aproximada de 12mm.

O "equipamento de identificação da RAS no concreto" está disponível no mercado e custa R\$ 1.390,00.

Para uma análise mais completa é interessante complementar o teste do gel fluorescente com análise petrográfica.

## Avaliando a reação

Detectar a RAS é fácil, difícil é quantificar a expansão que poderá ocorrer.

Isto é feito de forma criteriosa, através de análise petrográfica em amostras retiradas do concreto. Este procedimento identifica a presença dos produtos do gel da RAS, caracteriza o modelo de fissuras e trincas que evidencia a ruína dentro das partículas do agregado e identifica o desenvolvimento das bordas afetadas nessas partículas.

Os produtos do gel da RAS confirmam apenas que a reação, seja inócua ou perigosa, ocorre.

A determinação da existência de um potencial de expansão para a RAS é difícil e menos direto, sendo necessários diversos tipos de testes para responder a esta questão.

Diversos institutos de pesquisa, nos EUA, têm usado os seguintes procedimentos para identificar se uma RAS expansiva poderá ou não ocorrer em uma estrutura, determinando-se três situações que deverão ser analisadas: presença de sílica potencialmente reativa, alcali suficiente e bastante umidade.

A RAS poderá ser identificada seguindo-se estas duas situações.



Figura 2: Analizando o concreto com o "equipamento de identificação da R.A.S".

**1ª situação**  
alcali + sílica = gel reativo

**2ª situação**  
gel reativo + umidade = expansão

Se um dos três fatores estiver faltando não poderá ocorrer a expansão. Na segunda situação, ela só ocorrerá se houver introdução de umidade.

### Presença de Umidade

É aceitável o fato de que a umidade relativa (UR) do concreto precisa ser de pelo menos 80%, com uma temperatura entre 20 e 25° para ocorrer a RAS expansiva. Logo, se a UR é de, pelo menos 80%, haverá suficiente condição no concreto para alimentar o gel reativo e causar a expansão.

A curva hipotética da figura 4 mostra a relação entre as três condições necessárias para se obter a RAS.

A umidade relativa (UR) é determinada extraíndo-se amostras de pó do concreto através de furação simples. O pó extraído deverá ser cuidadosamente protegido para, durante e após a extração, não perder a umidade. A seguir, é feita a medição da UR destas amostras em pequenos frascos, nos quais se insere uma sonda de medição. Estas amostras são retiradas de grandes profundidades, de modo a se estabelecer um seguro gradiente de UR, longe da superfície do concreto. Deverão ser coletadas de 15 a 20 gramas para cada amostra, em intervalos de 2 cm, ao longo do furo realizado.

### Amostras e testes

Deverão ser extraídos corpos de prova com 10cm de diâmetro, de modo a se medir a expansão, determinando-se o

potencial reativo da sílica e se há suficiente alcali na estrutura para permitir a ocorrência da RAS expansiva. Três corpos de prova vizinhos deverão ser testados da seguinte maneira:

- 1 imersão contínua em água a 38°.
- 2 imersão contínua em solução 1N de NaOH a 38°.
- 3 esta 3ª amostra deverá ser protegida em um invólucro selado, tipo filme de polipropileno, ficando continuamente sobre um recipiente d'água a 38°.

O corpo de prova que fica em imersão contínua dentro d'água serve como referencial para se avaliar a expansão que poderá ocorrer nos corpos de prova sobre a água ou em solução de NaOH.

Estes testes, normalmente, duram cerca de 3 a 12 meses, dependendo do grau de expansão desenvolvida.

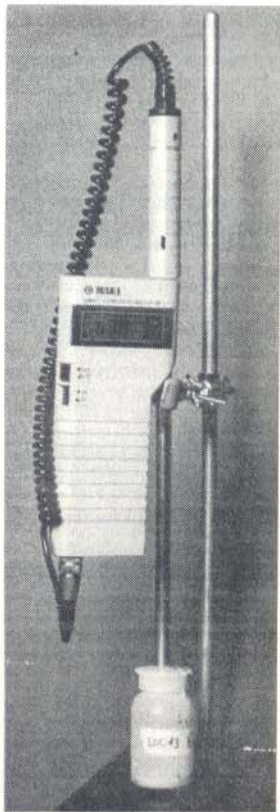
### Interpretando resultados

Usando os dados da umidade relativa (UR) e a mudança nas dimensões dos corpos de prova armazenados dentro d'água, sobre a água e em solução de NaOH, poderemos obter uma conclusão sobre o futuro potencial de reação no concreto.

Como afirmamos antes, se a UR apresentar valores bem menores que 80% e temperaturas entre 20° e 25°, virtualmente não haverá condição para haver expansão na estrutura, contanto que a UR não aumente. Isto, entretanto, não significa que o potencial reativo da dupla cimento-agregado não esteja presente no concreto. Na verdade, significa que não existe suficiente umidade que possa alimentar o gel reativo da RAS,



Figura 3: Uma seção, ao microscópio, de um concreto com diagnóstico R.A.S. expansiva. Micro trincas parcialmente cheias com gel alcali sílica (setas) estende-se a partir do sílex reativo (acima a direita). A reação provoca uma quantidade grande de erupções em uma laje de uma garagem de um shopping nos EUA.



Para determinar a UR do pó do concreto obtido através de furação, a amostra é colocada em uma pequena garrafa com a sonda previamente fixada na tampa.

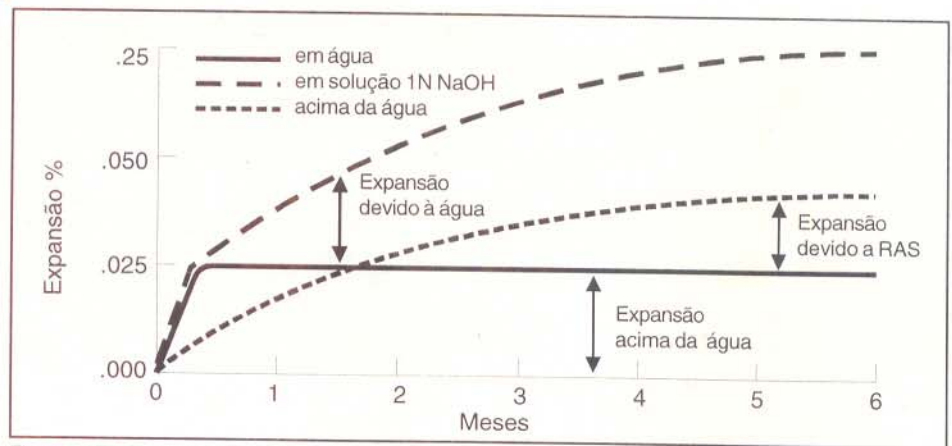


Figura 4: Estas curvas hipotéticas mostram a relação entre as três condições ensaiadas para testar a reação alcali-silica.

forma, deve-se subtrair os valores das dimensões do corpo de prova, imerso em água, do imerso na solução de NaOH. O rendimento da expansão devido à RAS, desenvolvida durante a imersão na solução de NaOH, está na figura 4.

Ocasionalmente, muito pouca expansão ocorre em corpos de prova imersos em água por longos períodos de tempo. Este fato é facilmente observado através das rápidas e altas taxas de expansão, devido ao aumento da umidade do corpo de prova. A pouca expansão é interpretada como um evidente inchamento do gel da RAS pré existente.

Para determinar se uma expansão adicional de RAS ocorreu, espera-se até que os corpos de prova vizinhos, imersos em água, alcancem o equilíbrio de seus pesos. Então, compara-se a expansão daquele corpo de prova com a expansão ocorrida no corpo de prova imerso na solução de NaOH. Se a diferença for menor que 0,02 pontos percentuais, existe sílica potencialmente reativa para produzir uma RAS expansiva. Caso ocorram grandes diferenças, o maior reativo é o agregado. Diferenças no potencial provocadas por expansão adicional significa que existe bastante alcali.

A expansão dos corpos de prova revestidos com plástico e posicionados acima da água, a 38°, evidencia um sinal

de que há suficiente álcali e sílica reativa no concreto. A expansão, sob estas condições, desenvolve-se mais lentamente que em solução de NaOH. Se não ocorrer expansão após uma absorção inicial de umidade, considerando-se que altos níveis ocorrem nos corpos imersos em solução de NaOH, pode-se concluir que há insuficiente alcali no concreto para um aumento da reatividade expansiva. As curvas hipotéticas ilustram perfeitamente as análises.

Há anos estes testes têm sido usados com sucesso para determinar o potencial da RAS em barragens, pilares, pisos, lajes e outras estruturas.

Maiores informações risque o nº 52 no Fax Consulta.

#### Nota do autor

A injeção de poliuretano hidroativado parece-nos ser uma solução para se interromper a penetração de umidade, tanto através de trincas e fissuras causadas pela RAS, como preventivo em outras regiões onde não há sintomas, mas há o processo. ¶

#### Referências:

- Anne Laning — Concrete Repair
- David Stark — Construction Technology Laboratories



## RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS

**EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.**

REFORÇO ESTRUTURAL • CONCRETO PROJETADO

INJEÇÃO DE POLIURETANO CONTRA VAZAMENTOS

PROTEÇÃO CATÓDICA COM PINTURA ENERGIZANTE

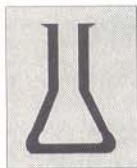
IMPERMEABILIZAÇÕES

SÃO PAULO: TEL(011) 873-3399 - RIO GRANDE DO SUL: TEL (051) 342-7766 FAX (051) 342-7642

# Pinturas que realmente protegem e decoram

## Um resumo atualizado das tintas para a sua obra de recuperação

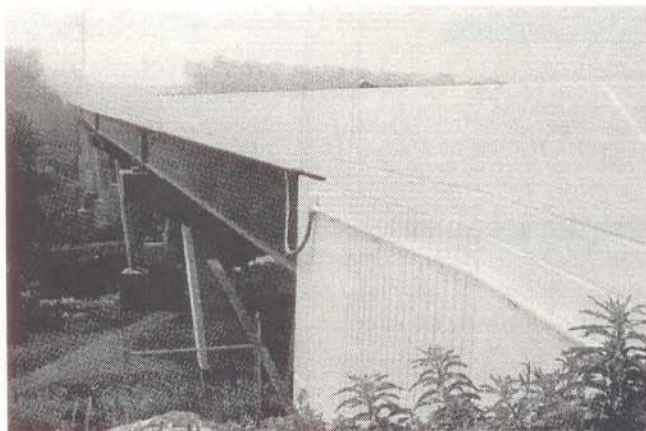
Ana Carlota B. dos Santos



Nestes últimos anos tem havido grandes mudanças na tecnologia das tintas, particularmente em sua forma de aplicação e em sua composição. Com isso, ressurge um grande interesse por essas novas tintas que poderão, além de satisfazer critérios meramente estéticos,

- tornar projetos arquitetônicos mais arrojados.
- proteger e prolongar a vida das diversas superfícies, sejam elas de concreto, emboço tradicional ou estruturas metálicas.
- finalmente servem como uma parte importante da recuperação, aumentando a performance das superfícies.

Estas mudanças estão ocorrendo devido à natural competição dos fabricantes de tintas e o respeito cada vez maior pela segurança do homem e pela natureza. Já há, em cadernos de encargos de obras federais, estaduais e municipais, nos EUA, limitações severas para o uso de



Algumas pinturas como esta aplicada nesta ponte na Pensilvânia protegem o concreto contra a ação da maresia e contra a ação dos pichadores.

tintas, tanto que diversos fabricantes já anunciaram a redução da quantidade de compostos orgânicos voláteis (C.O.V.) e por conseqüência a diminuição da toxicidade de diversas tintas.

Percebe-se, a cada dia, o surgimento de novos tipos de tinta, como por exemplo as híbridas, além de novas tintas a base d'água, com 100% de sólidos.

A limitação dos compostos orgânicos

voláteis (C.O.V.) é lei hoje nos EUA e os fabricantes procuram driblar suas exigências formulando novos sistemas ou modificando fórmulas tradicionais. Com isso, diversos tipos de pintura, hoje, são mais difíceis de aplicar. Além de apresentarem formulações mais complexas e mais caras, em nome do meio ambiente e da segurança.

Arquitetos, engenheiros, empresas de pintura e os próprios fornecedores precisam entender as particularidades de uma superfície, seja ela de concreto, argamassa formando o emboço ou metálica.

Paredes de alvenaria revestidas ou de concreto são substratos complicados e esta inconsistência afeta a pintura. Mais do que nunca, a preparação da superfície torna-se imperiosa. As normas ASTM D 4258, D 4259, D 4260, D 4261, D 4262 e D 4263 podem ser consultadas, no que tange à preparação de paredes de concreto ou de alvenaria revestidas.

A seguir apresentamos uma lista dos tipos de pintura que decoram e, acima de tudo protegem, atentando-se para as



## COPPE-UFRJ

Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Programa de Engenharia Civil

Cursos de excelência, com conceito A da CAPES/MEC

COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia Civil, Ilha do Fundão  
- Centro de Tecnologia - Bloco B - Sala 101, Caixa Postal  
68506 - CEP 21945-970 - Rio de Janeiro, RJ - Telefones: (021)  
280-9993, (021) 280-8832 - Ramal 440 - Fax: (021) 290-6626

INSCRIÇÃO PARA 1996

**Mestrado** - até 17 de novembro de 1995

**Doutorado** - em qualquer época do ano (fluxo contínuo)

**Especialização** - Informações pelo telefone: 230-5315

### Mestrado e Doutorado

Área de Estruturas de Concreto Armado  
e Protendido

Curso Novo de Especialização

- Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto
- Estruturas de Concreto de Alta Resistência

exigências do HIPAC (pinturas arquitetônicas de alta performance) presente na ASTM D 3730 e ACI 515, que é uma excelente dica.

Argamassas sintéticas, grouts, tintas a base de masticos (as chamadas high built), e alguns outros revestimentos, que deixamos de apresentar pelo fato de fugirem ao objetivo desta matéria.

### O Básico das tintas

As tintas são composições líquidas ou pastosas capazes de formar filme após a secagem ou cura. São, de um modo geral, uma solução e uma dispersão, onde o veículo constituirá sempre a solução e a dispersão é constituída da mistura heterogênea da solução (veículo + solvente + outros componentes solúveis) com o pigmento.

#### Tintas convencionais

- tintas a óleo
- tintas de resina alquídica modificadas com óleo
- tintas de resina fenólica modificadas com óleo
- outras tintas

#### Tintas semi nobres

- tintas acrílicas
- tintas de borracha clorada
- tintas vinílicas
- tintas betuminosas
- outras tintas

#### Tintas nobres

- tintas epóxis
- tintas de poliuretano
- tintas de silicone
- tintas ricas em zinco

As tintas formam, em geral, películas com espessura da ordem de 30mm,

podendo, em casos especiais, apresentar espessuras muito aquém desse valor, como os "wash primers" e os "shop primers" ou muito acima como as tintas de alta espessura (high built).

Os constituintes básicos das tintas são o veículo, o solvente e o pigmento. Como constituintes eventuais das tintas podem ser citados plastificantes, secantes, tensoativos, anti-incrustantes, etc. O veículo é a parte fundamental da tinta sendo, de um modo geral, uma resina. É o constituinte que caracteriza a tinta. Podemos classificar as tintas em três grandes grupos, conforme a característica do veículo.

#### Referência:

• James E. Kubanick — Coatings for Industry.

#### ACRÍLICAS

As pinturas acrílicas estão entre as mais usadas. São vendidas sob diversas formulações, são fáceis de aplicar e têm excelentes propriedades físicas. Estas resinas apresentam grandes variações em suas propriedades físicas, em função da sua formulação. Pode-se encontrar tintas baratas e tintas com base no padrão HIPAC. Em suma, por possuírem excelente resistência à alcalinidade presente nos emboços ou em superfícies de concreto e terem grande resistência à intempérie, são as mais recomendadas para serviços arquitetônicos de acabamento e proteção. (leia Recuperar jan/fev 95).

#### Qualidades:

- São fáceis de trabalhar.
- As tintas acrílicas, a base de solvente, têm excelente poder de molhabilidade em superfícies do tipo emboço e concreto, podendo funcionar como selador para outros tipos de tinta. A tinta de acabamento forma um excelente filme com grande durabilidade.
- Pinturas acrílicas são fáceis de repintar e têm excelentes propriedades químicas que garantem durabilidade quando expostas à intempérie.
- Suas propriedades físicas podem variar muito, dependendo de sua formulação.

#### Limitações:

- Dependendo de sua formulação, poderão vir faltando elementos que comprometerão sua resistência química. Se desejar uma tinta durável, a linha comercial vendida nas lojas não é uma boa indicação, já que, normalmente, não possuem dados técnicos importantíssimos como o teor de sólidos, resistência à luz UV, e outras informações que possam atestar a sua durabilidade (veja Recuperar jan./fev 95). Logo, é necessário procurar o fabricante e perguntar pelo acrílico específico para sua necessidade.
- Perdem para os epóxis e uretanos no aspecto durabilidade e resistência à abrasão.
- Tinta acrílica com baixo teor de sólidos, deverá ser aplicada como selador ou simples base.
- Não pertence a classe dos C.O.V.

#### EPÓXIS CATALISÁVEIS

Estas tintas são obtidas pela reação entre a epícloridrina e o bisfenol. São fornecidas em dois componentes um contendo o pré-polímero epoxi e o outro o agente de cura que é, em geral, uma amina ou poliamida. As epóxis curadas com aminas apresentam excelente resistência a ácidos, álcalis e solventes e apresentam menor tempo de secagem. As epóxis curadas com poliamida apresentam menor resistência aos produtos citados e demoram mais a secar. Sob a forma de massa podem ser aplicadas em estruturas submersas. A secagem ou cura das tintas epóxis dá-se por polimerização. São indicadas para atmosferas bem agressivas e exigem uma limpeza excelente da superfície a ser pintada. São usadas em pisos industriais e em paredes, devido ao fato de sua película ser facilmente limpa, resistindo bem a toda sorte de tráfego e a produtos químicos. Podem ser a base d'água ou solvente, tendo a particularidade de aceitarem misturas com agregados, especialmente o quartzo colorido, produzindo-se excelentes pisos decorativos, de grande durabilidade, com utilização apenas de desempenadeira de aço, colher ou rolo. Os epóxis de dois componentes são freqüentemente usados como base para uretanos catalisados.

#### Qualidades:

- Os epóxis catalisáveis resistem a solventes e a uma ampla variedade de produtos químicos alcalinos ou ácidos.
- Aderem bem a qualquer superfície e têm excelente resistência.
- Resistem bem à ação da água. No entanto, só agora, há no mercado epóxis que podem ser aplicados sobre superfícies úmidas.
- Sua película resiste a mofo, a fungos e particularmente a efeitos abrasivos.

#### Limitações:

- A maioria dos epóxis estão sujeitos a problemas de aplicação em superfícies úmidas. É importante o controle da umidade relativa do ar.
- Não devem ser diluídas na obra
- Quando sua película envelhece torna-se quebradiça.
- Não aceita qualquer repintura, a não ser que haja um lixamento em sua superfície.
- Embora forme uma película bastante dura, é suscetível a arranhões.
- Epóxis muito consistentes tendem a aprisionar ar em sua película. Um treinamento adequado deverá ser feito já que trata-se de material com curto pot-life.

**TECFOR**

SERVIÇOS ESPECIAIS DE ENGENHARIA LTDA

MINAS GERAIS

TEL (031) 4911544 - FAX (031) 491-1043

SÃO PAULO

TEL (011) 871-2274 - FAX (011) 871-5995

- **RECUPERAÇÃO / REFORÇO ESTRUTURAL**
- **RESTAURAÇÃO E TRATAMENTO CONCRETO APARENTE**
- **CONCRETO PROJETADO**
- **INJEÇÃO DE EPÓXI**
- **PROTEÇÃO CATÓDICA COM PINTURA ENERGIZANTE**
- **IMPERMEABILIZAÇÃO COM INJEÇÃO DE POLIURETANO**



# O que você deve saber sobre polímeros



Quando, na década de 50, epóxis e outros polímeros apareceram no mercado da construção, a opinião era de que estava havendo uma revolução no

mercado das recuperações. Com resistências à compressão maiores que 70 MPa, à tração bem maiores que a do concreto de cimento Portland e com uma aderência incomparável, pensava-se que estes polímeros seriam a solução para todos os problemas, pelo menos a nível de laboratório. Na prática, porém, os resultados ficaram aquém da expectativa, deixando empresas e profissionais com uma opinião de que havia e ainda há muito o que aprender com estes materiais.

“Opinião” faz perguntas a quatro especialistas americanos, da área de fabricação, recuperação e fiscalização, sobre o uso adequado de polímeros para as obras de recuperação.

**Pergunta: Quais os erros mais comuns, praticados por empresas de recuperação, quando se usam polímeros?**

**Warner:** Usar polímeros em larga escala, em lugares errados e por motivos errados. As propriedades físicas dos polímeros são diferentes das dos materiais a base de cimento Portland. O uso destes materiais pode e deve ser limitado a aplicações onde materiais a base de cimento não são apropriados, tais como colagem que exijam altas resistências, revestimentos com espessuras menores que 12mm, alta resistência química e a abrasão, necessitando rápida resposta para

cura e onde superfícies lisas e impermeáveis são exigidas. Exceto em situações muito especiais, a espessura de aplicação dos polímeros e das argamassas poliméricas deve ser a menor possível.

**Murray:** Nas obras, geralmente, constata-se a ausência de conhecimentos sobre as limitações do uso de concreto modificado com látex. Manusear demais o concreto favorece a entrada de muito ar no sistema, diminuindo a sua resistência. Prazos maiores do que 20 ou 30 minutos poderão provocar o comprometimento do material, devido à perda das características da membrana interna do sistema. Outro problema muito comum em obras é usar, externamente, argamassas poliméricas especiais em camadas muito espessas, isto é com mais de 12mm, o que pode causar o seu descolamento.

**Shoenberner:** Quando empresas de recuperação usam polímeros em seus trabalhos, pecam em não preparar, adequadamente, as superfícies, além do que constata-se a desobediência aos procedimentos de dosagem e aplicação. Um exemplo típico são as constantes alterações na mistura das resinas epóxi, dosando-se de maneira errada o endurecedor, alterando-se com isso a velocidade de reação. Vale lembrar que esta prática é aceitável quando se mistura poliesters ou vinilesters, mas que, no entanto, para os epóxis há a alteração de suas características principais.

## FICHA TÉCNICA DOS PARTICIPANTES

- ✓ **James Warner**  
Diretor  
Warner Engineering Services  
Mariposa, California
- ✓ **Myles A. (Tony) Murray**  
Diretor  
Restruction Corp.  
Sedalia, Colorado
- ✓ **Robert A. Shoenberner**  
Diretor  
Schoen Industries  
Carrolton, Ga.
- ✓ **Paul D. Carter**  
Engenheiro de Manutenção de Pontes  
Alberta Dept. of Transportation  
Edmonton, Alberta

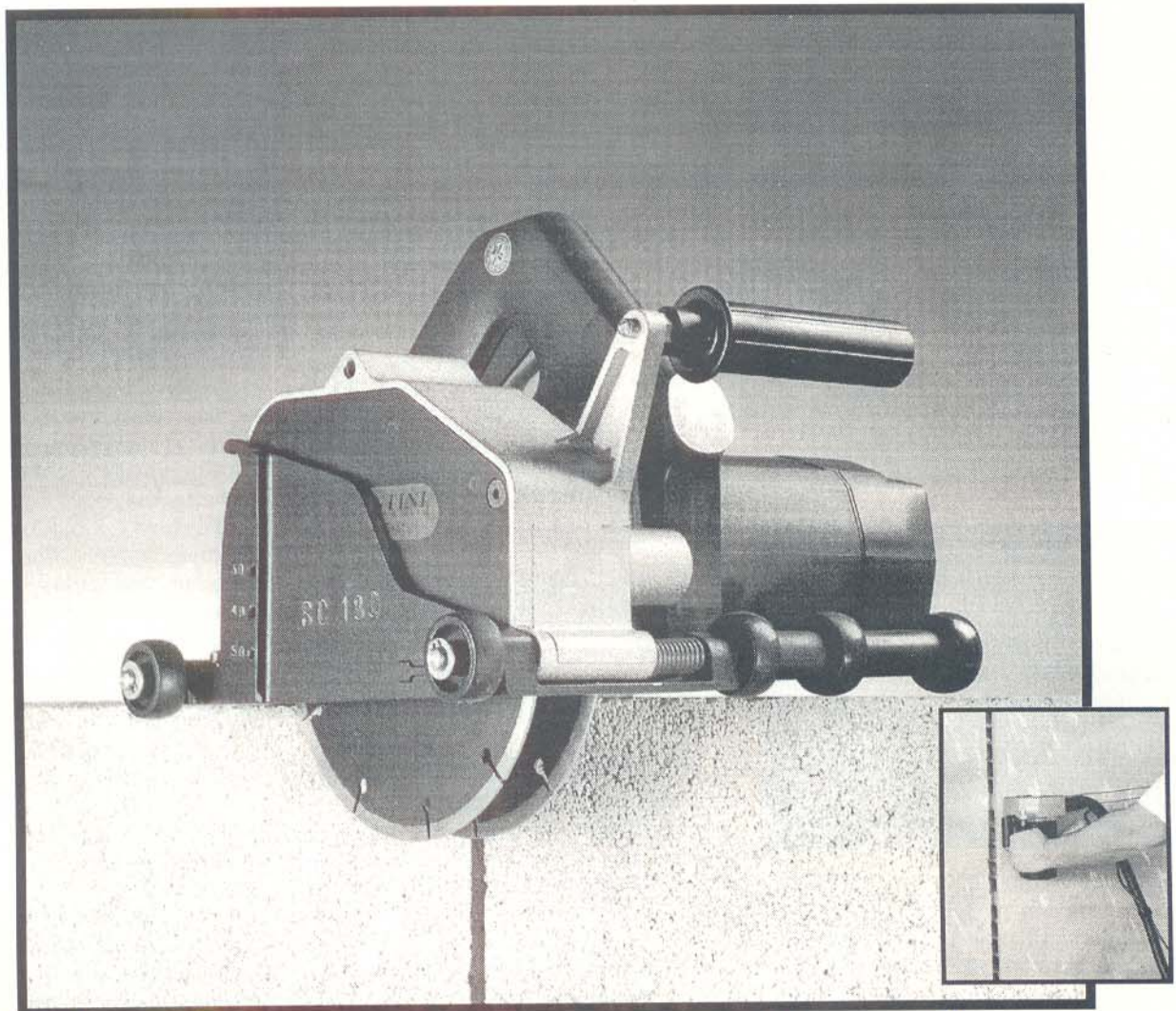
**Detectar  
corrosão no  
concreto  
armado?**

Não Perca  
**RECUPERAR**  
nº 6

**THOMASTEC**

# Não dá prá comparar

nossa serra abre valas em concreto, paredes, granitos...



## é outra tecnologia.

Corta suave e não produz pó, pois dispõe de mangueira e aspirador, conforme recomendam as normas internacionais.

A serra SC-180, permite um perfeito corte em concreto, alvenaria, mármore, granitos e pedras de modo geral. Faz corte com até 35mm de largura e profundidade de até 60mm, pesando apenas 6,5kg, com potência de 1800W. Por apenas R\$ 2.650,00 você adquire a serra com dois discos adiamantados e o aspirador.

QUALIDADE

**PIACENTINI**

(ITÁLIA)

**ROGERMAT**

TEL (021) 493-5553 • FAX (021) 235-4377

**Carter:** Tenho reparado que as empresas não assimilam perfeitamente as características do material polimérico de recuperação, e por conseqüência, repassa-se a responsabilidade para funcionários despreparados. Por exemplo, é muito comum misturar-se de forma insuficiente os componentes A e B, além do que é prática misturar-se areia seca ou pó de pedra à resina, já previamente misturada e já com reação de endurecimento iniciada.

Em tempo quente algumas resinas tendem a se repelir mutuamente quando misturadas. Neste caso, se deverá trabalhar em horários que permitam temperaturas mais frescas.

De um modo geral, quando se for trabalhar com polímeros é importante conhecer suas qualidades e suas limitações, e isto só é possível lendo e entendendo a literatura do produto, que poderá não ter informações acerca de suas limitações.

**Pergunta: Há muita divergência e desconhecimento entre empresas que especificam e executam trabalhos de recuperação, no tocante à eficácia dos produtos poliméricos para colagem. Você recomenda usar adesivos a base de epóxi ou produtos a base de cimento Portland modificados com polímeros para melhorar o processo de colagem de novas argamassas/concretos à superfície original?**

**Warner:** Uma nova argamassa/concreto terá um perfeito trabalho de colagem à antiga superfície se esta for adequadamente preparada, não permitindo que o novo material tenha problemas de retração.

Desta maneira, um adesivo polimérico

torna-se desnecessário nestas aplicações pois haverá a incorporação do material de recuperação, com pouco ou nenhum potencial de retração. Naquelas situações, onde a retração do material de recuperação não pode ser evitado, um adesivo deverá ser usado. A escolha do adesivo dependerá da resistência à tração do novo material ou da superfície a ser recuperada, que normalmente fica na faixa dos 10% em relação à resistência à compressão. Para concretos de recuperação com resistências superiores a 35 MPa, tanto um adesivo a base de látex quanto uma pasta de cimento puro são adequados. Para concretos com resistências bem superiores um adesivo epóxico será apropriado.

Devido ao fato do epóxi ser caro e necessitar cuidados, o seu uso deve se limitar a concretos de alta resistência. Não é demais lembrar que muitos latexes e todos os impossibilitam qualquer adesão quando curados ou aplicados como acabamento.

**Murray:** Acredito que adesivo usado em argamassas de recuperação pode ser entendido como um agente de colagem.

- usa-se uma pasta de cimento para proceder à colagem de concretos/argamassas de cimento Portland.
- usa-se uma pasta de cimento modificado com látex para proceder à colagem de um concreto/argamassa de cimento Portland modificado com látex.
- usa-se um epoxi para proceder à colagem de uma argamassa/concreto a base de epóxi.

**Shoemberner:** Eu gosto de usar epóxios, pois fazem excelente colagem do material de recuperação à antiga superfície. Um adesivo epóxico também

serve para criar uma barreira entre o material de recuperação e a antiga superfície. As vantagens desta barreira são duas:

- elimina a necessidade de serviços de apicoamento para dar aderência do material de recuperação à base original.
- elimina a possibilidade de contaminação do antigo concreto com o novo.

**Carter:** Na recuperação de grandes obras, como pontes, não usamos adesivos específicos ou a base de látex, a não ser que esteja no caderno de encargos. Normalmente, preferimos preparar bem as superfícies além de fazer trabalhos de apicoamento. O uso de adesivos pode aumentar a resistência da colagem, no entanto, como esta resistência ultrapassa em muito a resistência de tração do novo e do antigo concreto, torna-se desnecessária.

Algumas vezes, problemas que aparecem como sendo de deficiência de colagem, na verdade não passam de retração excessiva. Normalmente, demoramos na aplicação de adesivos, particularmente quando há congestionamento de armaduras. Nesta situação com o agravante da instalação das formas, o adesivo pode secar, principalmente em dias quentes e com vento.

Existem exceções. Para se obter uma boa colagem, alguns produtos poliméricos, usados no concreto, podem precisar de uma aplicação prévia de um polímero na superfície de colagem. Podem, também, ser necessárias altas resistências de colagem quando se aplica revestimentos em finas camadas de recuperação. Neste caso, o adesivo ajuda a reduzir a

## NÃO FAÇA CONCRETO SEM ELAS

Se você precisa de armadura secundária, use fibras sintéticas de nylon, polipropileno ou poliéster além de fibras de aço. O agregado que faltava no concreto. Nos EUA e Europa são parte integrante de qualquer concreto. Veja porque:

**NOSSAS FIBRAS SÃO IMPORTADAS**



**ROGERMAT**

Tel (021) 493-5553 - Fax (021) 235-4377

VANTAGENS	FIBRAS	TELA DE AÇO
• Evitam a formação de trincas e fissuras.	sim	não
• Tornam o concreto impermeável.	sim	não
• Resistentes à corrosão.	sim	não
• Camada de recobrimento necessária.	0	2,5 cm
• Resistentes a álcalis e ácidos.	sim	não

quantidade de água que é perdida pelo material de recuperação quando é aplicado em uma superfície seca. Nestes casos podemos usar, simplesmente, uma pasta de cimento Portland como adesivo.

**Pergunta:** Na indústria da construção e, particularmente, das recuperações, é notória a lentidão das empresas em absorver novas tecnologias. Você acredita que possam existir materiais poliméricos para serviços de recuperação que dinamizem mais os trabalhos mas não são usados devido a esta resistência das empresas em mudar? Respondendo afirmativamente, que materiais e para que aplicações.

**Warner:** Na verdade, não acho que as empresas sejam lentas em absorver novos produtos e especialmente polímeros. Desde a sua introdução, nos anos 50, os epóxios, em particular, têm sido excessivamente utilizados. No entanto, só agora é que estamos dando conta das limitações destes materiais.

**Murray:** As pessoas de um modo geral resistem às mudanças, especialmente se se sentem confortáveis com o que têm. Na indústria da construção/recuperação não é diferente. Todos os dias, novas aplicações surgem para esta grande família de materiais que são os polímeros. Epoxis e poliésteres, cada vez mais, estão sendo usados em finas camadas de revestimento para pisos. Aplicados em agregados pré-lançados, os epóxios podem expandir seu uso. À medida que aprendemos mais sobre as limitações dos polímeros podemos dimensionar melhor sua utilização.

**Shoemberner:** Polímeros, como qualquer outro material, quando mal utilizados podem falhar. Vamos tomar como exemplo os epóxios. Os epóxios, nos EUA, se apresentam com um número infinito de características físicas. Nem todos os epóxios são os mesmos. Quando uma aplicação é mal sucedida há um consenso de que todas são indesejáveis. No entanto, o insucesso de um epóxi pode ser atribuído a uma má especificação ou aplicação. Uma forma de melhorarmos este estado de coisas é educar a indústria da construção quanto às limitações e ao uso apropriado destes materiais. Não há um polímero que resolva todos os problemas de uma recuperação.

**Carter:** As empresas não estão erradas em pensar de maneira cautelosa quando vão usar novos produtos. Profissionais que não usam seu senso crítico para novos produtos que surgem, normalmente irão usá-lo errado. geralmente, o técnico reluta

em usar produtos que aumentem os custos de sua obra. Alguns polímeros aumentam os custos inicialmente, no entanto, no decorrer da obra, trazem grande economia. Para tanto, as empresas precisam estar atualizadas com relação a determinado produto, questionando-o em todas os sentidos.

À medida que produtos específicos são desenvolvidos, creio que, por exemplo, protetores de superfície como os silanos e os siloxanos, quando adequadamente usados, podem reduzir a permeabilidade de concretos e argamassas.  $\overline{\text{T}}$

... você quer andaimes para ganhar prazo e ter lucro adicional?

**Alugue andaimes motorizados.**



**ROGERMAT**  
Tel (021) 493-4702 - Fax (021) 235-4377

Atendemos em todo o Brasil

**Tintas Especiais**



**Sob Encomenda**

- APOLLOPOXI (EPOXI)
- ACRIOBRIL (ACRÍLICO EM SOLUÇÃO)
- APOLLODUR (POLIURETANO)
- APOLLIT (SILICONE)
- APOLLOCRIL (EMULSÃO)

Atendemos todos os Estados

**apollo TINTAS APOLLO**  
Tels.: (021) 796-1951/796-4633  
Fax: (021) 796-3664  
Telex: 21-36368



**ATUAL**  
Impermeabilizações e Juntas Ltda.

- RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL
- CORTES NO CONCRETO em lajes e pavimentos
- INJEÇÃO DE POLIURETANO o fim dos vazamentos

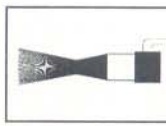
**JUNTA JEMNE** REPRESENTANTE APLICADOR

**TEL.: (011) 954-8711 - 954-2788**

# Concreto projetado. Checando sua durabilidade

**Pela primeira vez, é feita a avaliação dos serviços de recuperação com concreto projetado, em sessenta e uma pontes.**

Joaquim Correia Rodrigues



Há mais de trinta anos, o concreto projetado tem sido usado como processo de recuperação/reforço de pontes e viadutos no

Canadá. A maioria dos trabalhos estão em perfeito estado. No entanto, alguns outros mostraram problemas interessantes que apresentamos a seguir.

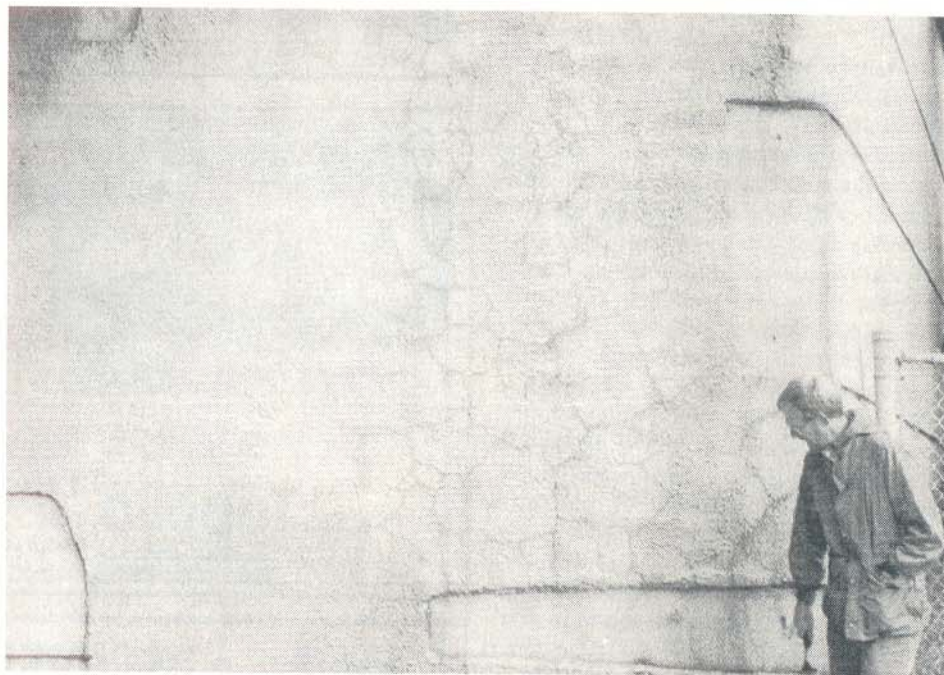
O Strategic Highway Research Program (programa estratégico de pesquisas em auto estradas) desenvolveu um estudo que objetivou determinar o porquê de certas recuperações, com concreto projetado, terem um comportamento diferente das demais. O estudo foi feito pelo HBT Agra Ltd. de Vancouver na British Columbia em conjunto com a John Emery Geotechnical engineering Ltd. de Ontário e a W. S. Langley and Associates Ltd. da New Escócia.

Sessenta e uma pontes foram analisadas neste estudo. Quatro se localizam na British Columbia onde, desde 1984, tem sido usado concreto projetado por via seca, aditivado com fumo de sílica, com e sem utilização de armaduras de reforço. Dezenove foram em Alberta onde, até antes de 1984, foi muito usado CP, por via seca, modificado com látex.

A partir daí passou-se a usar CP com fibra de aço, utilizando-se alternadamente fumo de sílica.

Em Ontário, trinta pontes foram recuperadas e reforçadas com CP modificado com látex. Em Nova Escócia (ou New Scotland) foram recuperadas oito pontes utilizando-se CP com agregados convencionais.

A maioria das peças recuperadas constava de pilares, vigas e região inferior de lajes, além de guarda-corpos.



Trincas e fissuras padronizadas, nesta recuperação com concreto projetado modificado com latex, são mais evidentes onde o serviço fica exposto à ação do sol. Praticamente não aparecem fissuras na projeção do tabuleiro da ponte, onde o sol não incide.

### Causa dos problemas

A maioria das recuperações executadas foram necessárias devido à surgência de deslocamentos, armaduras expostas, fissuras e trincas. As causas mais comuns foram:

- corrosão das armaduras do concreto provocada pela contaminação de cloretos.

- reação álcali-agregado
- ausência de camada de recobrimento adequada.

Parte das recuperações executadas poderia ter sido evitada se as pistas das pontes tivessem uma boa drenagem, além de trabalhos periódicos de manutenção, particularmente nas juntas de dilatação onde comumente há vazamentos.

### Vai deixar a Concorrência Solta?

Reserve logo seu espaço. Solicite tabela de preços. **Tel.: (021)493-6740**  
A THOMASTEC prepara o seu anúncio. **Fax.: (021) 255-2414**

## Avaliação dos resultados

- Sessenta e dois por cento das recuperações com CP foram classificadas entre boa e excelente. Os principais fatores que causaram a queda de qualidade de excelente para boa foram:
  - trincas de retração em pequenas quantidades.
  - deslocamentos localizados em áreas onde não houve preparação para receber o CP.
- Vinte e cinco por cento das recuperações foram consideradas em condições aceitáveis. Os principais fatores que levaram a esta classificação foram:
  - mão de obra despreparada, resultando em aplicação de camadas de CP pouco homogêneas.
  - contínua deterioração do concreto original em torno e até mesmo sob as áreas recuperadas já que a causa dos problemas não foi solucionada — a contaminação do concreto por cloretos.
- Dez por cento das recuperações com CP foram classificadas como em qualidade insuficiente. Os principais fatores foram:
  - mão de obra despreparada, dando como consequência um concreto pobre e possivelmente com muita reflexão, além de sobrecamadas desnecessárias.
  - trincas e fissuras padronizadas de CP modificado com látex, sem qualquer preocupação preventiva de cura e talvez com condições de tempo desfavoráveis.
- Só três por cento das recuperações com CP foram consideradas de má qualidade:
  - diversos encamisamentos feitos com CP, por via seca, em 1960, deslocaram dos pilares de uma ponte em Edmonton, Alberta. Concluiu-se que não houve um trabalho básico de preparação das superfícies para ancorar o concreto. Este tipo de problema situa-se entre os mais comuns, quando se faz trabalhos de reforço com encaminhamentos.
  - em duas pontes de Nova Escócia foram feitos trabalhos de recuperação sob as lajes dos tabuleiros. Concluiu-se que diversas regiões apresentavam infiltrações d'água. Logo, se tivessem sido feitos serviços básicos de drenagem, certamente não haveria o comprometimento da recuperação.

### Problemas com CP modificado com látex

Ao contrário do CP armado com fibras, o



Infiltrações e trincas causadas por um defeito no sistema de drenagem da ponte afeta a recuperação com concreto projetado. Em muitas pontes executa-se a recuperação sem dar atenção às instalações.



A ausência de fibras ou tela soldada, previamente ancorada, fez a recuperação com concreto projetado deslocar. Aparentemente a superfície do concreto original não foi bem preparada também.

CP modificado com látex é propenso a desenvolver trincas e fissuras. Diversas empresas e profissionais confirmam que o CP com látex é suscetível de desenvolver trincas de retração plástica com temperaturas acima de 25°, especialmente quando exposto ao vento e à luz solar direta. Logo, a utilização de látex em concretos de recuperação, para áreas sujeitas ao tempo, não é indicado.

### O CP deve receber acabamento?

A maioria das recuperações foi feita com um acabamento superficial grosseiro. O acabamento é evitado porque gera custos e também porque a maioria dos serviços é ao tempo, logo não se dá muita importância.

Serviços de CP sem acabamento, não



**SONDOTÉCNICA S.A.**

Tradicional na área de consultoria, também executa os seguintes serviços especializados

- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO
- REFORÇO DE FUNDAÇÕES
- ESTACAS RAIZ E MICROESTACAS
- INJEÇÃO DE CIMENTO
- CONTENÇÃO DE ENCOSTA

RIO DE JANEIRO: Rua Voluntários da Pátria, 45 - 8º andar - Botafogo  
CEP: 22277-900 - Tel: (021) 286-8303 Ramal 265 - Fax: (021) 246-9807  
SAO PAULO: Alameda Araguaia, 420 - Alphaville - CEP 06455-000  
Tel: (011) 725-1811 - 725-7702 - Fax: 725-3447

apresentam boa aparência. Em áreas urbanas, torna-se obrigatório o bom acabamento nos serviços de recuperação, para dar uma boa impressão ao público, da qualidade da obra.

**O concreto de recuperação poderá durar mais que o concreto original?**

Esta avaliação preliminar revelou que, para a maioria das pontes analisadas, a durabilidade das recuperações com CP, depende, em grande parte, da taxa de deterioração contínua a que ficam sujeitas as superfícies do concreto armado original, anexas à recuperação.  $\square$

**Referências:**

• D.R. Morgan — J. Neil  
HBT Agra Ltd. British Columbia.

# Alugamos Soluções

- ANDAIMES MOTORIZADOS
- ANDAIMES TUBULARES
- TORRES METÁLICAS
- BALANCINS/CADEIRINHAS
- ACESSÓRIOS



AV. SEBASTIÃO HENRIQUES, 231 B. DO LIMÃO - SP  
**PABX: (011) 857-7533**



**R\$ 200,00**

é quanto você  
paga  
para anunciar  
nos  
classificados  
da página 23  
para o ano  
inteiro!

**RECUPERAR**

Tel.: (021) 493-6740  
Fax.: (021) 255-2414

**PRODUTOS ESPECIAIS PARA RECUPERAÇÃO**

## WOLF HACKER

### DUROPOXY

adesivos estruturais para  
colagem e injeção.

### DUROBETON

argamassa para serviços de  
recuperação.

### GUNITEX

aditivos para concreto  
projetado.

**SÃO PAULO**

TEL: (011) 826-2822

FAX: (011) 826-7945

**PARANÁ**

TEL: (041) 282-3087

FAX: (041) 282-3845

**RIO GRANDE DO SUL**

TEL: (051) 343-7197

# Concreto exposto à água do mar

## Recuperação e proteção

Carlos de Carvalho Rocha



Em nossa extensa e formidável costa está apoiado um grande número de construções em concreto armado, composto essencialmente de edificações, estruturas portuárias, indústrias e obras de arte, podem apostar, construídas, objetivando a praticidade e não a durabilidade. Acreditava-se que o concreto era o material mágico que, uma vez construído, poderia durar gerações sem qualquer manutenção. Infelizmente até hoje, engenheiros, arquitetos, empresas de construção e os próprios proprietários ainda acreditam no mito da eternidade do concreto, não importando a que ambiente ele esteja exposto.

Não queremos dizer com isso que o concreto não seja durável. Ele ainda é, de fato, o material de construção mais durável conhecido pela humanidade. O problema é que, em certos ambientes, o concreto tem a sua durabilidade totalmente comprometida, com uma vida útil curta e perigosa. A corrosão do concreto armado em estruturas marítimas é um dos processos de deterioração mais importantes, dentro da patologia da construção.

Sob condições de exposição, o concreto protege suas armaduras contra a corrosão, devido ao seu elevado Ph e à formação de uma película protetora sobre a superfície do aço.

No entanto, mais particularmente, em estruturas marítimas ou próximas ao mar, a presença de cloretos (sal), na interface aço-concreto, acima de determinada quantidade, destrói a película protetora iniciando-se, a partir daí, a corrosão na superfície das armaduras.

### Estruturas semi-submersas

Estruturas de concreto armado semi-submersas, em exposição direta, são as que

mais sofrem e as que mais necessitam de recuperação. Este tipo de estrutura apresenta três regiões distintas com diferentes condições de corrosão. A seção completamente submersa pode sofrer algum dano provocado pela corrosão, mas geralmente sem conseqüência, pelo fato de que nesta situação o processo apresenta velocidade muito lenta. Embora os níveis de cloretos em seções submersas exceda bastante o limite necessário para iniciar a corrosão nas armaduras, a disponibilidade de oxigênio,



Uma das pontes Bryant Patton, na Flórida, apresenta estacas em concreto armado com significantes problemas causados pela corrosão

na interface aço-concreto, é fraca. A difusão de oxigênio no concreto inteiramente saturado é muito lenta, levando a pequenas velocidades de corrosão.

A seção mais importante de uma estrutura, parcialmente submersa, é na zona de variação da maré e na do encontro com as ondas (splash), podendo-se limitar o local pela marca da maré baixa até aproximadamente 2 metros acima. Ciclos seguidos de molhagem e secagem possibilitam uma alta concentração de ions cloretos e também grandes quantidades de oxigênio, tendo o concreto, nesta região, uma alta condutividade elétrica. Neste quadro

de fatos ruins para o concreto, ainda há mais um agravante que é o desenvolvimento de macro células de corrosão entre regiões mais altas, que não estão sendo corroídas, mas onde o acesso de oxigênio é grande e a zona contaminada com altos níveis de cloretos e com desenvolvimento de corrosão.

A maioria dos danos provocados pela corrosão ficam situados nas zonas de variação da maré e a do splash. Estão em desenvolvimento pesquisas que visam à melhor tecnologia de recuperação, onde o objetivo maior são longos prazos de garantia.

Pesquisas mais simples evidenciam o uso de concreto convencional com maiores camadas de recobrimento, baixo fator água/cimento e baixa permeabilidade. Pesquisas mais avançadas usam concretos enriquecidos com fibras, modificados com látex e incrementados com pozolanas ou fumo de sílica. Dentro deste contexto especial também estão usando armaduras galvanizadas e pintadas com epóxi.

A "Federal Highway Administration" (administração de rodovias federais) dos EUA recomenda, em seus cadernos de encargos, o uso de armaduras pintadas com epóxi para estruturas de pontes sujeitas a corrosão.

Embora o desempenho das armaduras cobertas com epóxi até o presente momento seja bom, há órgãos como o departamento de transportes da Flórida que questionam tal atitude. No geral, não há um consenso de aceitação entre pesquisadores e empresas de recuperação.

No momento, há uma aceitação unânime para a utilização de proteção catódica, a base de pintura com grafite, na região inferior de lajes, vigas e pilares, particularmente para estruturas perto e junto ao mar. Na zona de variação da maré

(continua na página 29)



é usada a tela de titânio/platina, com cobertura adicional de argamassa polimérica ou concreto projetado de forma mecânica.

### A recuperação convencional

A simples recuperação do concreto deteriorado e o tratamento com materiais a base de cimento não ataca o problema de frente  $\frac{3}{4}$  a presença de íons cloretos, oxigênio e umidade. Após o corte e o lançamento do novo concreto ainda ficam altas concentrações de cloretos no concreto remanescente e, nestas regiões, o processo de corrosão continua com toda atividade.

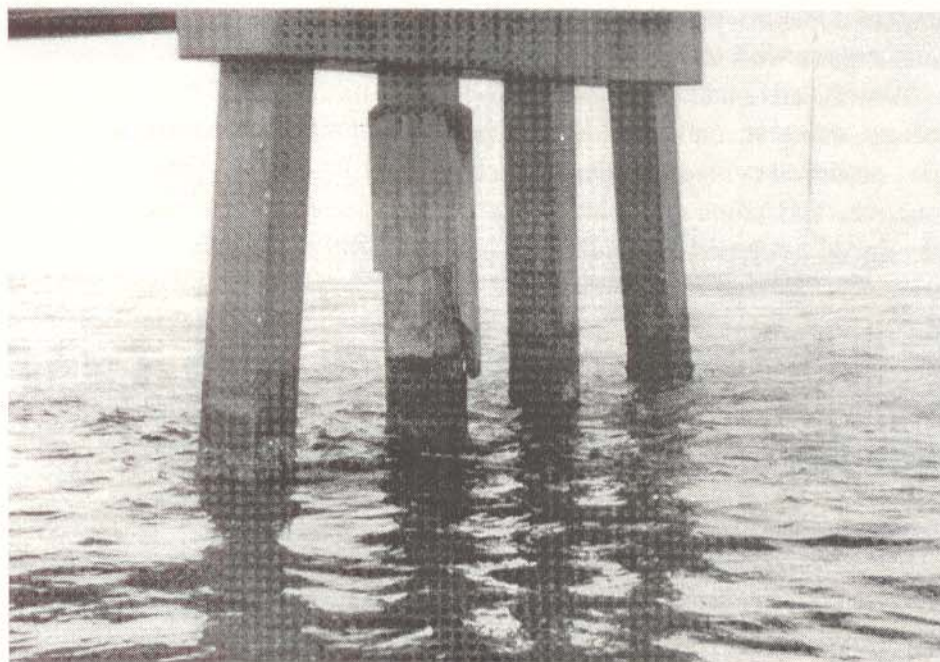
É comum, após o tratamento das armaduras e o enchimento com o novo concreto/argamassa, estabelecerem-se células de corrosão nos limites da recuperação. Estas células de corrosão acabarão por comprometer a recuperação, além de darem continuidade ao processo original causador. Alguns especialistas chamam este fenômeno de "efeito auréola".

Assim sendo, podemos entender que a recuperação do tipo "cortar e encher" é muito parecida com a ingestão de aspirina para curar uma dor de cabeça crônica. Seu único benefício é encobrir ou atenuar os sintomas internos do processo, de forma temporária. Na verdade, não retarda ou controla o processo de ruína em andamento. Ao contrário, só funciona quando todo o concreto contaminado por cloretos ou carbonatado for removido e substituído, não sendo permitida a introdução daqueles agentes.

Tentativas de injeção de epóxi, não suscetível a umidade, em trincas de pilares semi-submersos não tiveram qualquer sucesso. A utilização de "jaquetas" normalmente é feita utilizando-se a concepção estrutural e a protetora. A primeira é usada para recuperar danos estruturais, enquanto que a de proteção é empregada na recuperação de danos causados por corrosão.

### As jaquetas de proteção

Materiais como fibras de vidro, epóxi e diversos polímeros sintéticos têm sido utilizados na fabricação de jaquetas. Acreditava-se que as jaquetas assim feitas protegiam contra o desenvolvimento da corrosão. No entanto, atualmente, já não se pensa assim por diversas razões. Primeiro, porque a ação capilar permite a passagem d'água vindo das seções submersas do pilar para a parte superior. E segundo, porque embora as jaquetas possam atrasar a entrada contínua de cloretos no pilar, através da superfície da jaqueta, não conseguem atenuar o desenvolvimento da corrosão nas armaduras. Na verdade, pode-se dizer que as jaquetas aceleram o processo de corrosão em pilares, já que o concreto, desta forma, nunca poderá secar.



Danos nas jaquetas (não estrutural) das estacas

Os efeitos prejudiciais das aplicações de jaquetas de proteção contra a corrosão são melhor exemplificados pelas pontes Bryant Patton na Flórida. Uma inspeção feita em 1990, pelo Departamento de transportes, mostrou que metade dos pilares considerados afetados tinham sido anteriormente recuperados com jaquetas de fibra de vidro. Em alguns casos foram encontrados defeitos de construção nas jaquetas. Em 1993, foi feito o remanejamento das jaquetas, constatando-se em todos os pilares, graus significativos de corrosão. A partir daí, aquele órgão decidiu construir pilares complementares ao lado de todos os que tinham jaquetas.

Com o conhecimento destes fatos, diversos departamentos de transportes, de vários estados fizeram o mesmo. Alguns, tendo que fechar provisoriamente pontes para instalação de novos pilares, outros simplesmente recuperando os afetados com as técnicas convencionais de corte, jateamento de areia e concreto projetado.

### Proteção catódica

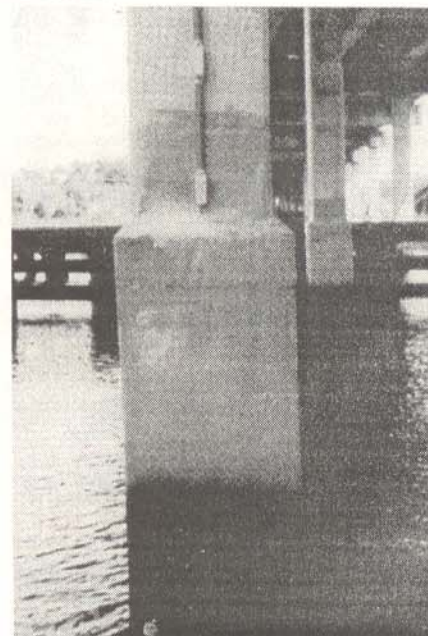
Cada vez mais usada, a proteção catódica, é um efetivo método de recuperação que corta totalmente o processo de corrosão nas armaduras, impedindo ou diminuindo o seu desenvolvimento.

Os sistemas de proteção catódica para pilares, vigas e região inferior de lajes de piers, estruturas portuárias e pontes caem basicamente em duas categorias  $\frac{3}{4}$  os sistemas aplicados simplesmente na superfície e os que além disso utilizam cobertura adicional. Os primeiros utilizam uma pintura especial a base de grafite, podendo se aplicar

a seguir uma outra pintura de proteção. Este sistema é bastante prático porque não adiciona qualquer sobrecarga a estrutura. O segundo sistema, a base de titânio/platina é usado na zona de variação de maré ou que recebe o splash das ondas, adicionando-se a seguir uma argamassa/concreto de proteção por via mecânica. ¶¶

### Referência:

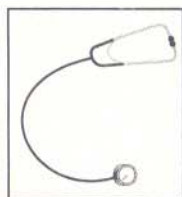
- Ali Akbar Sohahpurwala
- Willian T. Scannell
- Bulletin



As estacas deste pilar usam jaquetas de fibra de vidro monobloco com uma tela de platina que forma a proteção catódica na zona de variação da maré.

# Detectando a carbonatação no concreto

Oswaldo Silverbein Lima



A carbonatação ocorre em todas as superfícies de concreto com cimento Portland. O dióxido de carbono, no ar ou na água, reage com as substâncias da pasta de cimento endurecido para formar carbonatos, sendo o principal, o carbonato de cálcio.

A taxa de carbonatação depende da permeabilidade da pasta, da temperatura, umidade relativa e da concentração de dióxido de carbono no ar. A permeabilidade da pasta é afetada pela relação água-cimento, pela quantidade de umidade durante a cura e a densidade da superfície do concreto.

A carbonatação aumenta a retração por secagem no concreto, mas o mal pior, sem dúvida, é a diminuição da alcalinidade. Sua inerente alcalinidade alta (PH maiores do que 12,5) protege as armaduras da corrosão devido à deposição em suas superfícies de um filme de óxido protetor. Reduzindo o PH, a carbonatação pode destruir o filme protetor e, na presença da umidade e oxigênio, permitir que as armaduras corroam.

Quando o calculista ou o engenheiro da obra especificam uma camada mínima de recobrimento para as armaduras, estão permitindo que a pequena e natural camada de concreto carbonatado atinja as armaduras.

Durante a vida da estrutura, pelo fato de que a profundidade de carbonatação é muito pequena em concretos de boa qualidade, a camada de recobrimento especificada pelas normas é a garantia de proteção contra a corrosão. No entanto, e o que é mais natural e realista, em concretos de baixa qualidade a camada carbonatada pode exceder a camada de recobrimento.

## Como medir a carbonatação

Avaliamos, nesta matéria, os métodos para medir a profundidade da camada de

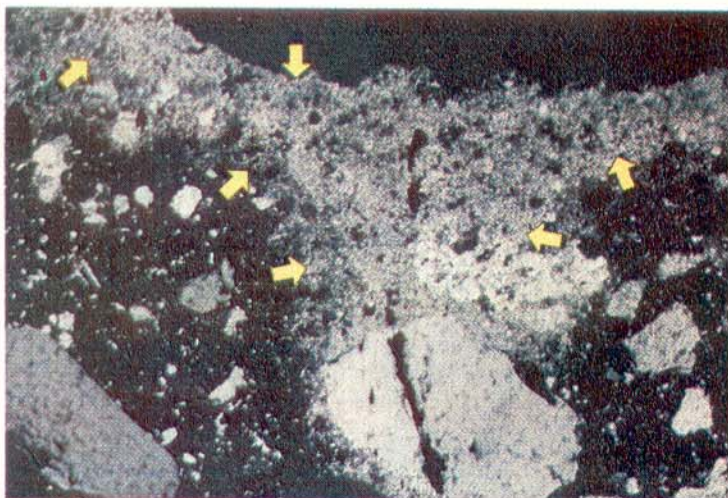


Foto ao microscópio, analisada com luz polarizada, mostra a pasta carbonatada (setas) na superfície de uma laje. A trinca está quase invisível nesta foto. A pasta preta não está carbonatada.

carbonatação, os efeitos do fumo de sílica, dos aditivos químicos, vibração e acabamento. Poucos estudos sobre carbonatação consideram a importância da densificação da superfície ou de variáveis que se relacionam com esta importante estratégia de acabamento.

Vinte corpos de prova tirados de peças estruturais expostas ao tempo, em ambientes tipicamente urbanos, por mais de dez anos e, por outro lado cinco cilindros de prova, moldados em laboratório, com base no mesmo traço das peças coletadas e mantidas sob controle de umidade e temperatura por três anos e meio, foram testados de maneira comparativa, com a utilização de dois líquidos indicadores de PH  $\frac{1}{4}$  fenolftaleína e o indicador colorido da marca "Rainbow".

A fenolftaleína é um indicador orgânico usado para estabelecer valores aproxima-

mados do PH, em função das cores que aparecem na pasta de cimento quando uma solução, a 2% em álcool etil, é aplicada na superfície escarificada do concreto. Mudanças de cor ocorrem para as seguintes situações:

- vermelho forte apurpurado para PH  $\geq$  10
- poderá ser rosa para PH < 10
- sem cor para PH  $\leq$  8

A profundidade de carbonatação é medida da superfície do concreto até onde há presença de cor rosa na pasta de cimento.

O indicador de carbonatação da marca "Rainbow" é um produto químico, que quando aplicado na superfície do concreto escarificado, poderá apresentar uma gama de variação de cores relacionada a diferentes valores do PH do material.

· vermelho	PH = 5
· Amarelo	PH = 7
· Verde	PH = 9
· Púrpura	PH = 11
· Violeta escuro	PH = 13

A profundidade de carbonatação medida com o "Rainbow" é feita até onde a pasta se apresenta verde, que significa um PH de aproximadamente 9.

A carbonatação - pequenos cristais de silicato de cálcio hidratado e hidróxido de cálcio carbonatado - é revelada perfeitamente quando se utiliza luz polarizada no microscópio e a sua profundidade é medida a partir da superfície até onde não se constata a presença dos cristais.

Dando seqüência ao teste comparativo entre os corpos de prova extraídos e os cilindros de prova, fez-se um corte transversal com 2,5 centímetros nas amostras e imediatamente testou-se com fenolftalei-



Seção transversal de um cilindro 10 x 20 cm testado com o indicador rainbow, mostrando uma mudança gradual de cor evidenciando o aumento do PH em direção ao interior da seção.

na e o "Rainbow" para se medir a profundidade de carbonatação a partir da superfície. O exame microscópico destas amostras seguiu a orientação da ASTM C 856 — método padrão para exame petrográfico em superfícies de concreto endurecido.

#### Resultados

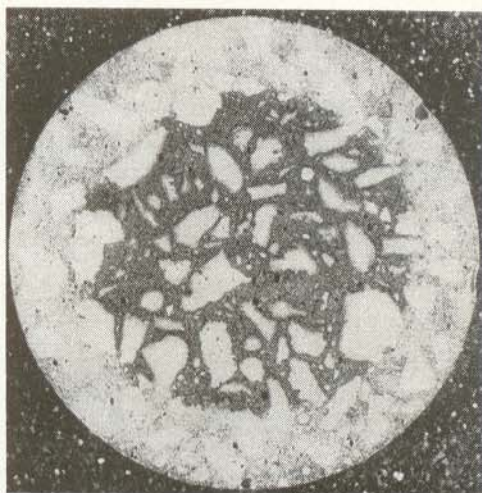
A profundidade de carbonatação verificada nas amostras dos cilindros de prova foram bem superiores às dos corpos de prova extraídos. Isto era previsível devido à alta permeabilidade da pasta nas laterais do cilindro pela ausência de serviços normais de acabamento e, portanto, uma me-

nor densificação da superfície. As amostras contendo cinzas, tanto dos corpos de prova extraídos quanto dos cilindros de prova apresentaram uma profundidade de carbonatação relativamente grande.

É prática comum nos EUA, especificar uma camada mínima de recobrimento de pelo menos 20 milímetros para as situações mais favoráveis de exposição, como aquelas essencialmente secas. É sensato e mais do que isso, é obrigatório, usar-se camadas de recobrimento de concreto maiores quando houver exposições especiais tipo ambientes úmidos, corrosivos ou mesmo tempo.

Praticamente todos os corpos de prova extraídos apresentaram camadas de recobrimento adequadas aos locais de exposição.

A compactação e o acabamento feitos pelos trabalhos de vibração, geralmente, reduzem a profundidade de carbonatação. Vimos também que com a inclusão de cinzas a profundidade de carbonatação é aumentada, muito embora os trabalhos pesquisa-



Seção transversal de um cilindro 10 x 20 cm testado com fenolftaleína. Uma estreita área perto da superfície está carbonatada.

## FIXAÇÃO

### DX 36 M

Finca-pinos semi-automática com 10 disparos consecutivos e segurança total para o operador.



5 anos de garantia



### TE 54

Martelete para perfurações em concreto de 1/2" à 3" de diâmetro. Pode ser utilizado como rompedor para pequenas demolições.



HILTI DO BRASIL COMERCIAL LTDA.  
Rua Alexandre Dumas, 227 - 04717-000 - São Paulo - SP  
Telefone: (011) 524-4448 - Fax (011) 524-5364



**MONTANA OBRAS LTDA.**  
Serviços Especializados de Engenharia

**MONTANA OBRAS LTDA.**, pioneira no Brasil na área de **Concreto Projetado, Recuperação e Reforço Estrutural**, há 60 anos participando e colaborando com a Engenharia Nacional, realizando obras de vulto como: - **A Recuperação e o Reforço Estrutural do Maracanã.**  
- Aplicação de Concreto Projetado nos túneis Dois Irmãos, Santa Bárbara, Joá, Rebouças e Ferrovia do Aço entre outras.  
- Inúmeras obras de **Recuperação e Reforço Estrutural, Impermeabilizações e Pisos Industriais de Alta Resistência e Anti-Ácidos.**  
Informa, que objetivando cada vez mais o melhor atendimento, a tecnologia adequada e a qualidade MONTANA, coloca a disposição da Engenharia Nacional, nestes tempos modernos, sua equipe especializada de Engenheiros e Consultores para solucionar os problemas na área de Engenharia em geral.

**MONTANA OBRAS LTDA - TEL.: (021) 289-4332**  
**RUA FLORA RICA, 79 - FAX.: (021) 593-7647**

# Metrópole

- Tratamento e Polimento de Concreto Aparente
- Aplicação de Silicone em Tijolo Aparente
- Hidrojateamento e Recuperação de Fachadas
- Pinturas em Geral

**TEL.: (011) 530-0833**  
**TELEFAX: (011) 536-9995**

dos não sejam conclusivos. É sugerida a continuidade do trabalho de pesquisa com outras cinzas, utilizando-se outras dosagens, tendo em vista os efeitos sobre a carbonatação.

#### Referências:

- Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI 318, ACI, 1989.
- David Whiting, Strength and Durability of Lean Concretes Containing Fly Ash, Research and Development Bulletin RD099T, Portland Cement Association, 5420 Old Orchard Rd., Skokie, IL 60077, 1989.
- G.J. Verbeck, Carbonation Of Hydrated Portland Cement, Research Department Bulletin RX087, PCA, 1958.
- H. Ohga and S. Nagataki, "Prediction of Carbonation Depth of Concrete Fly Ash," Proceedings of 3rd International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzolans in Concrete. ACI.
- Portland Cement Association

PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO				
Peça Nº	Indicador "Raibow" (mm)	Fenolftaleína (mm)	Medição feita com microscópio e luz polarizada (mm)	Média (mm)
1	3	4	5	4
2	3	3	5	4
3	6	3	5	5
4	10	11	5	9
5	6	7	6	6
6	7	5	8	7
7	5	5	5	5
8	6	6	10	7
9	0	0	8	3
10	0	0	4	1
11	1	5	3	3
12	5	5	3	4
13	5	4	4	4
14	5	5	10	7
15	5	4	3	4
16	4	3	3	3
17	4	5	3	4
18	13	14	10	12
19	15	15	8	13
20	15	18	8	14
Média	6	6	6	6
Cilindros	-	-	-	-
1	15	15	15	15
2	10	10	11	10
3	23	23	25	24
4	9	9	9	9
5	15	15	15	15
Média	14	14	15	14



Fornecedores de produtos para a indústria da construção civil, das mais variadas regiões do país, estarão em **Uberlândia no período de 10 a 15 de Outubro**, no Pavilhão da Indústria ACIUB.

Aguardamos sua visita!

Av. Belo Horizonte, 1.231  
Martinez - Centro  
Uberlândia -MG

Promoção



Paulo Sérgio Ferreira (Presidente do Sinduscon/TAP)

Apoio

