



# O day after epóxi.

Este revolucionário epóxi, aplicado apenas 24 horas após a concretagem, integra-se à matriz cimentícia em construção sem impedir que o concreto respire.

#### Os benefícios imediatos são:

- 1º Mudança radical na velha incompatibilidade entre materiais orgânicos e inorgânicos.
- 2º Integração total epóxi-concreto nas primeiras idades, fundamental para esta revolucionária união, permitindo que o pseudo-sólido concreto possa "respirar".
- 3º O concreto deixa de ter uma superfície frágil e friável em troca de outra com características epóxicas perfeitamente conhecida.
- 4º Superfície 100% apta a receber o epóxi adequado de acabamento, seja para tráfego ou para ataque químico.
- 5º Fim das conseqüências da incompatibilidade:
  - Bolhas e empolamento muito comuns, em razão da alta ascensão aquosa capilar, proveniente da placa e do solo.
  - Perda da adesividade epóxi-concreto devido à minação homeopática de água e sais alcalinos, naquela interface, que destruíam o mecanismo de colagem, até então físico.
  - Fim do comprometimento da garantia.

Walter Carlos Pessanha

Quando queremos proteger um piso de concreto de ataques químicos, pensamos logo num epóxi, com 100 % de sólidos aplicado com 300µm ou com um auto nivelante cheio de solvente ou material volátil, aplicado com 3000µm (3 mm). A porção aglomerante deste tipo de tinta, a dois componentes, é formada por uma resina epóxica líquida diluída e um agente de cura à base de uma amina funcional. Todo mundo sabe

que qualquer tinta epóxica só pode ser aplicada em pisos após a total cura do concreto, isto é, 28 dias após o seu lançamento, de modo a assegurar que o concreto esteja com resistência suficiente e que não haja umidade residual na placa. Portanto, sem interferência com a esperada adesão. Todo mundo conhece, mas nem todos obedecem a esta regra simples. Seja aplicando epóxios em pisos com duas ou três semanas após a

concretagem ou sobre pisos já curados (28 dias) porém com alta ascensão de vapor proveniente do solo, a chamada umidade dinâmica, o resultado, após uns sete ou oito meses, são grandes regiões sem película, bolhas, cliente chateado, exigência de um novo epóxi etc. Por essas e outras razões é que novidade é sempre bem vinda, principalmente quando surge um epóxi que possa ser aplicado sobre pisos recém concreta-

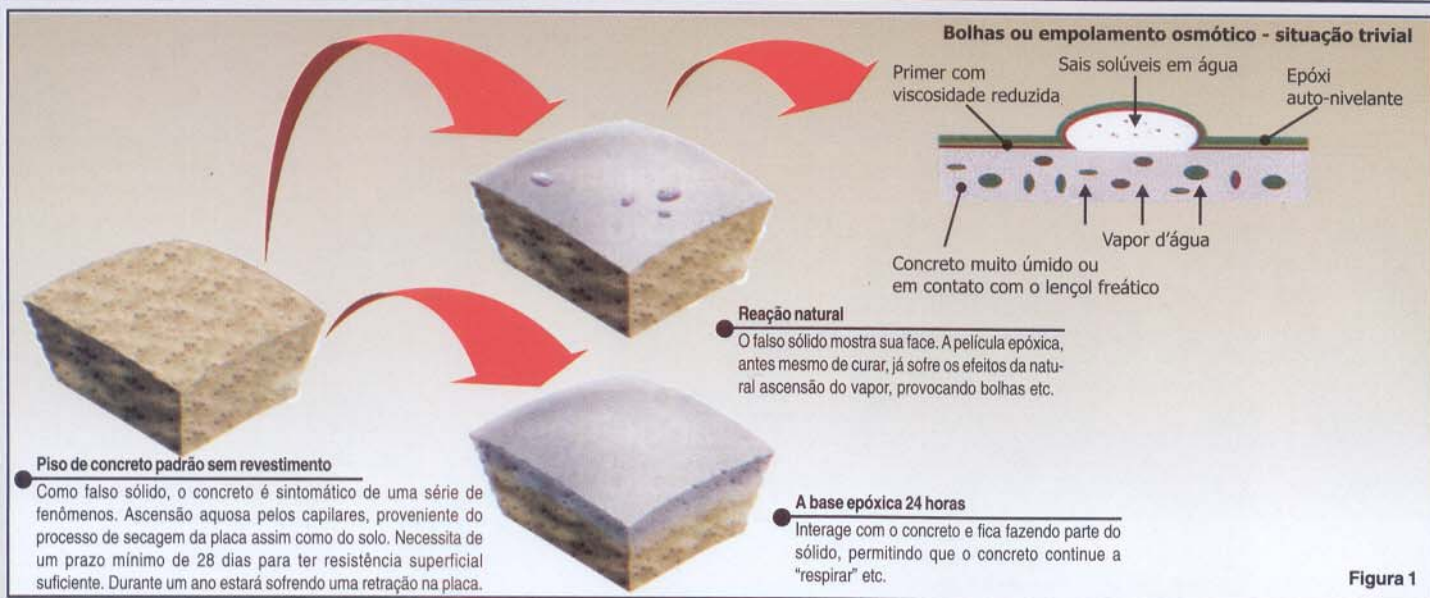


Figura 1



Figura 2 - Início da concretagem do piso.



Figura 3 - Acerto do nivelamento.



Figura 4 - Compactação e nivelamento final.



Figura 5 - remoção da água exudada, abrindo os poros da superfície.



Figura 6 - Acabamento final, com fechamento parcial dos poros e remoção das ondulações com a acabadora mecânica.



Figura 7 - Imprimação com EPÓXI 24 horas. O piso está pronto para receber o acabamento final.

Este concreto não está pronto para epóxi porque a umidade estática e dinâmica não permitem.



## EPÓXI SOBRE PISO COM UMIDADE? É PREJUÍZO NA CERTA!

A presença d'água, em qualquer de suas formas, particularmente a umidade dinâmica que vem do solo é fatal para revestimentos epóxicos ou vinílicos (aqueles que se aplicam com cola) aplicados sobre pisos de concreto. A norma ASTM F 1869-98 recomenda o teste TVA-OK, que quantifica a umidade existente e informa, antecipadamente, se é possível ou não aplicá-los. Simples. Não arrisque seu investimento e... sua pele.



**TVA-OK**  
Teste rápido e eficiente  
que garante seu trabalho.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 03

dos ou com alta umidade dinâmica. Acreditem. Já existe no mercado uma formulação epóxica, exatamente um primer, cujo agente de cura é uma emulsão de poliamina que emulsifica a resina principal em água, sem qualquer plastificante ou solvente. É interessante relatar que esta formulação contém agentes de carga à base de agregados mas, diferentemente de argamassas ou de concretos modificados com resina epóxica, não contém cimento Portland!

Esta revolucionária base interativa protetora é um epóxi auto nivelante aplicado com cerca de 3mm cujo segredo baseia-se em sua morfologia micro-porosa que permite que o piso de concreto "respire" até que a película esteja totalmente curada. Resumindo, este epóxi pode ser aplicado em qualquer tipo de piso, incluindo-se aqueles problemáticos com altíssima umidade dinâmica, onde qualquer epóxi, mesmo o melhor

A aplicação deste epóxi permite a implantação da indústria ou do comércio, inclusive dentro do período normal de cura do concreto, ou seja, dentro dos 28 dias.

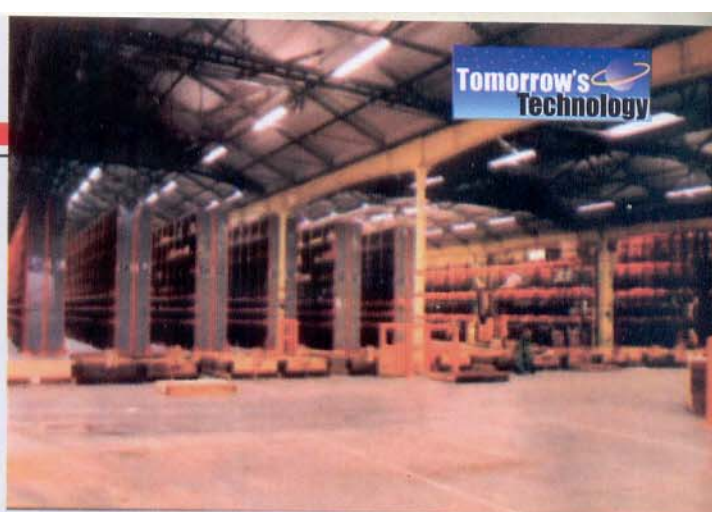
dos importados, não emplacam.

### Os epóxios à base d'água

O mercado brasileiro trabalha com epóxios tradicionais, com baixo teor de sólidos, geralmente curados com poliamidas. Esta tecnologia, quer dizer, as resinas de baixo peso molecular e seus agentes de cura, particularmente nos EUA, já não existe há quase 35 anos, desde que foi substituída pela do alto teor de sólidos e baixíssima liberação de solventes. Questões ambientais. Com o advento da recente e moderníssima tecno-

logia dos epóxios "base água", os epóxi com alto teor de sólidos ou mesmo com 100 % de sólidos (raro entre nós) já começam a sair desempregados pelos fundos do mercado (americano).

A primeira geração de agentes de cura base água baseava-se nas poliamidas sem qualquer solvente, devido a introdução de surfactantes não iônicos. A segunda e mais recente geração de agentes de cura base água



*Penetração inigualável*

# Metacrilato



*Com viscosidade igual a da água, o METACRILATO preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura, de até 0,05mm de abertura, em pisos, apenas vertendo-se o produto. Em apenas meia hora, com o METACRILATO também se monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. Basta fazer um pequeno furo na parte superior da peça e verter o produto com a ajuda de um pequeno funil. Não fique perdido no tempo das injeções.*

## METACRILATO

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 04

foi introduzida há cerca de 10 anos e baseia-se nos adutos de aminas alifáticas, que oferecem melhores cores e alto teor de sólidos para a mesma viscosidade.

Estes agentes de cura, verdadeiras soluções totalmente solúveis em água, podem emulsionar epóxis líquidos ou, simplesmente, serem usados com resinas epóxicas sólidas pré-dispersadas.

### A base epóxica interativa 24 horas

Esta base epóxica nasceu com o objetivo de resolver os problemas dos pisos de concreto que necessitavam de acabamento epóxico já no início. E aí era aquele sufoco, ter que esperar pela resistência do concreto para aplicar o epóxi mas, ao mesmo tempo, ter que considerar a invisível umidade dinâmica que, no final das contas, seria a responsável pelo prejuízo futuro.

Esta base epóxica, que é auto nivelante, difere dos epóxis 100 % sólidos em muitos atributos. Vamos ver:

- A água é usada como diluente para a obtenção do fluxo e da de aeração suficientes, objetivando permitir a redução do teor total de resina padrão, que varia em torno de 30% (formulação com agentes de cura cicloalifáticos) para apenas 15% na formulação à base d'água.
- Considerando-se uma formulação com 70 % de sólidos, a retração que ocorre na película durante a cura é menor que 1.5 %.
- O pot-life de 45 minutos é excelente se comparado aos epóxis com 100 % de sólidos.
- Com um tempo de cura em torno de 24 horas, permite, para o dia seguinte, a utilização do piso.
- Dureza, resistência à abrasão e propriedades físicas da película final são comparáveis às formulações com 100 % de sólidos.

Com toda esta semelhança aos epóxis com 100 % de sólidos esta base interativa, aplicada 24 horas após a concretagem tem como

#### GLOSÁRIO

**Funcionalidade** – é o número de grupos reativos existentes em uma molécula.

Esta revolucionária tecnologia, que incorpora o epóxi à vida da matriz cimentícia, já nas primeiras idades, acaba de vez com o curto tempo de vida dos pisos epóxicos, ao mesmo tempo que estabelece adesividade mais do que necessária para resistir ao vapor ascendente.

## RECONCRET

Engenharia de Recuperação e Estruturas Ltda

Av. Euzébio Matoso, 422  
São Paulo  
Fone: (11) 3812-2877  
Fax: (11) 3812-9910



- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS.
- REFORÇO ESTRUTURAL COM UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO.
- REFORÇO DE FUNDAÇÕES COM P.G.
- TRATAMENTO DE CONCRETO APARENTE.
- IMPERMEABILIZAÇÃO COM INJEÇÃO DE POLIURETANO.
- PROTEÇÃO CATÓDICA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.

vantagem principal ser insensível aos efeitos do fluxo de umidade dinâmica e o conseqüente aumento da pressão osmótica sob a película aplicada, em conseqüência de sua morfologia micro-porosa imposta pela resina que aglomera todos na formulação.

### E a adesão sobre o concreto recém lançado?

A aderência da base interativa com o piso de concreto, tendo apenas 24 horas de vida, é excelente. Toda a química da reação epóxica desta base interage com a da hidratação da matriz cimentícia do concreto, estabelecendo "raízes". É comum encontrar-se resistência de aderência, para películas epóxicas aos 7 dias, da ordem de 3Mpa para pisos

lisos tratados com acabadora mecânica equipada com palhetas de aço. Este resultado excede a própria resistência de tração do concreto na idade de 7 dias. Um outro aspecto bastante interessante desta base epóxica para pisos é que, aplicado 24 horas após a concretagem, serve também como inigualável agente de cura, liberando, em doses homeopáticas, a evaporação da água. **T**

Fax consulta nº 05



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Pisos Industriais.

www.recuperar.com.br

### REFERÊNCIAS

- Walter Carlos Pessanha é eng<sup>o</sup> químico com grande experiência em tecnologia do concreto.
- F.H. Walker, K.E. Everett, and S. Kamat, Proc XXII Waterborne, High Solids & Powder Ctn-gs Symp.
- F.H. Walker and O. Shaffer in Film Formation in Waterborne Coatings, ACS Symposium Series #648, ed. T. Provder (Washington, DC: 1996).
- F.H. Walker and M.I. Cook, "Two Component Waterborne Epoxy Coatings", ACS Symposium Series #663 in Technology for Waterborne Coatings, ed. J. Edward Glass, The American Chemical Society.
- M. Lohe, M. Cook, and A. Klippstein, "Novel Technology for 2K Water Vapour Permeable Epoxy Floor Systems: A European Perspective", Journal of Protective Coatings & Linings.

## A ação das empilhadeiras...



## ...no seu piso de concreto.

As antigas "fórmulas" à base de silicato ou fluorsilicato penetram, no máximo, 3 milímetros no substrato do piso, o que, com o correr dos anos, é insuficiente para resistir ao tráfego contínuo de empilhadeiras e outros processos abrasivos ou de impactos. A fórmula revolucionária à base de lítio de **PENTRASIL** penetra profundamente no concreto, oferecendo maior e melhor dureza, assim como durabilidade inigualável.

**PentraSil**

Fax consulta nº 06

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br

## Rumo às Estruturas Inteligentes

Breve, breve toda estrutura de concreto armado e protendido estará sob controle, no que tange à corrosão. A **GALVAPULSE**, com seu revolucionário design e pronto diagnóstico, antecipou-se no tempo, oferecendo todo o poder do controle da corrosão.

**GALVAPULSE** oferece:

- A velocidade da corrosão em 10 segundos.
- O reconhecimento da corrosão nas armaduras, mesmo em ambiente anaeróbico.
- Potenciais e resistividade simultaneamente.
- Eletrodo com design moderníssimo.
- Computador e software fácil de operar.
- A corrente que circula nas armaduras.
- Dados fáceis de acessar para o Windows, obtendo-se o mapeamento em 2D e 3D.



**GALVAPULSE**  
O domínio da corrosão.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 07

# Como sofrem os metais na construção

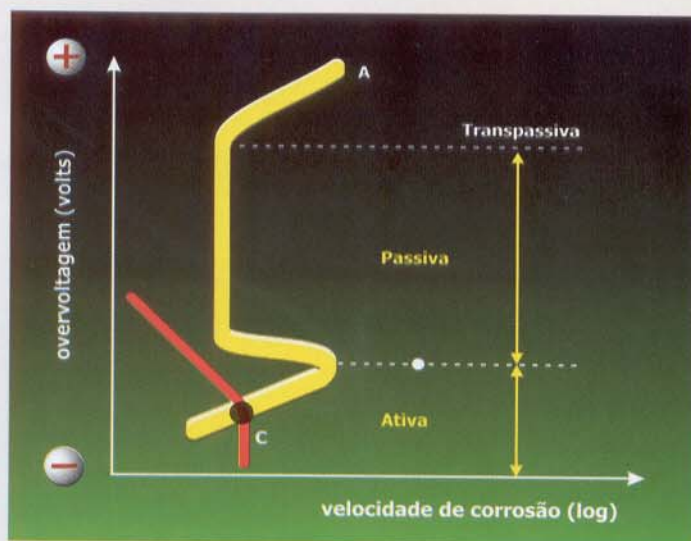
Evandro Salles Pinto

Saiba como é a vida do aço, cobre, alumínio e zinco em contato com materiais do tipo cimento portland e gesso.

Metais como aço, alumínio, zinco e cobre invariavelmente entram em contato com diversos tipos de materiais minerais numa edificação. A corrosão destes metais só é possível caso os vazios do material de construção "hospedeiro" tenha água livre em seus vazios ou capilares. No caso de um processo de corrosão alimentado por oxigênio, torna-se imprescindível que o processo de difusão, através dos vazios do material de construção, seja contínuo até a superfície do metal, para que haja continuidade do processo. Como cada metal tem seu próprio comportamento na corrosão, torna-se necessário que haja condições para destruição de sua zona de passivação.

A passagem da água através do material de construção faz dissolver seus ingredientes que, juntamente com os agentes poluidores presentes no ambiente e coleta-

Figura 1 - Curva anódica  
A característica da corrosão do aço com seu "nariz" ativo e "testa" passiva. Sua interseção com a curva catódica (C) determina uma overvoltage de corrosão ativa.



dos pela água, passam a ter um tremendo efeito complicador. Desta forma, o inevitável contato metal-material de construção produzido com cimento portland e/ou ges-

so costuma provocar situações inusitadas para o início e desenvolvimento da corrosão naqueles quatro metais.

continua na pág. 12

## A corrosão dos metais em contato com materiais à base de cimento portland

A velocidade do desenvolvimento da corrosão no metal depende da qualidade e da forma do material cimentício, da velocidade com que a água percola ou se difunde através dele, da temperatura e da concentração iônica presente na água. Sua relação com os quatro metais em questão, apresentamos a seguir.

Dependendo do tipo de cimento empregado na massa, o valor do pH desta fase aquosa varia de 12,6 a 18,8, essencialmente pelos ingredientes  $K_2O$  e  $Na_2O$ . Nas regiões da estrutura em que o pH é maior ou igual a 11,5, a superfície do aço situa-se àquela “testa” passiva da curva de dissolução anódica do aço, desde que, claro, não exista concentração de íons corrosivos que possam conduzir a interseção da curva catódica para a região do “nariz” anódico. É perfeitamente sabido

que a “camada passivante”, se é que se pode assim chamar, é muito delgada; algo em torno de alguns angstroms e totalmente instável. Sem qualquer interferência externa, o processo de corrosão iniciará-se para um pH abaixo de 9, desde que, adicionalmente, haja água (líquida ou em estado de vapor) e um processo ativo de oxigenação. Peças de concreto armado enterradas (fundações) poderão desenvolver um perigoso processo de corrosão se o solo apresentar umidade elevada, alta condutividade (baixa resistividade), elevada acidez e alta concentração de íons corrosivos. Neste ambiente ainda há que considerar o ataque bacteriológico.

### A corrosão no alumínio

O alumínio, por ser um metal muito eletro-negativo (-1,66 volts<sub>EHS</sub>) naturalmente torna-se muito reativo. No entanto, possui uma excelente resistência diante da corrosão. Esta resistência deve-se à barreira natural formada por um filme muito fino (10 angstroms) de óxidos, que adere de forma ex-

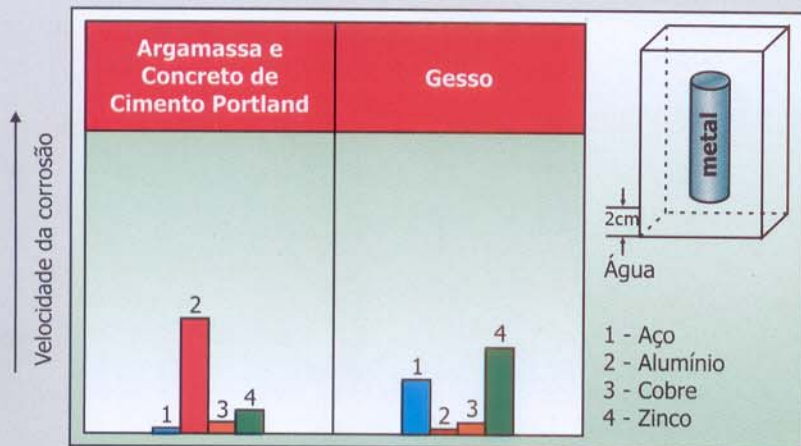
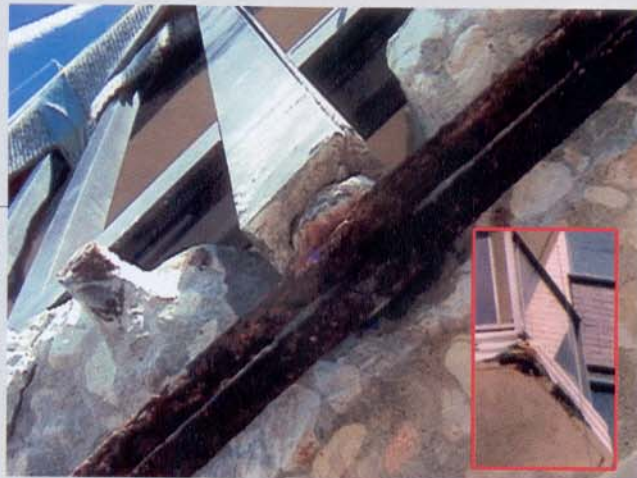


Figura 2 - Velocidade da corrosão após 12 meses de contato em ambiente úmido. Corpos de prova de argamassa, concreto e gesso, tendo os quatro tipos de metais em seu interior. O contato foi provocado mergulhando-se apenas 2cm do corpo de prova em água.

### A corrosão no aço

A natural proteção que o aço tem em contato com argamassas/concretos de cimento portland deve-se à presença da água altamente alcalina presente em seus vazios e capilares, resultado das reações básicas que ocorrem durante a hidratação do ci-

Figura 3 - Situação típica nas varandas: o contato do alumínio com o aço através do concreto. Nesta situação particular o excesso de lavagem da varanda com detergentes clorados afetou terrivelmente o aço.



#### GLOSSÁRIO

**Anfótero** – que assume duas características opostas.

## Corrosão é voltagem e mede-se com semi-pilha.

### SEMI-PILHA É CPV4

CPV4 mede os potenciais de corrosão em superfícies de concreto armado e protendido. Com este equipamento poder-se-á levantar ou monitorar, de tempos em tempos, o estado de corrosão e a sua evolução, antes que a estrutura comece a ter deslocamentos e armaduras expostas.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 09

cepcional na superfície do metal, passivando-o. É interessante ressaltar que, caso esta barreira seja danificada, imediatamente é restabelecida. Este filme de óxidos é muito estável e insolúvel ao contato com soluções neutras e ácidas (pH entre 4 e 9). Nem tudo são flores, no entanto. Ao contato com soluções mais alcalinas, o filme de óxidos protetores é fortemente atacado. Esta espantosa característica pertinente ao alumínio é desenvolvida no contato com a maioria dos ambientes. Entretanto, também pode ser formada artificialmente pela passagem de corrente elétrica, num processo chamado de anodização. A perda desta barreira protetora de óxidos mostra sua característica de

muito reativo, expondo-a a um forte processo de corrosão generalizada que, mesmo na ausência de oxigênio, tem sua curva catódica alimentada ou desenhada pela evolução do hidrogênio com formação de aluminatos muito solúveis ( $2Al + 6NaOH + 6H_2O \rightleftharpoons 2Na_3[Al(OH)_6] + 3H_2$ ). Desta forma, unindo-se a materiais cimentícios, ocorrerá um forte ataque desferido pelo contato com soluções ricas em hidróxidos alcalinos presentes nas argamassas e concretos. O alumínio e suas ligas só estarão protegidos da maioria dos materiais alcalinos, que compõem a edificação, através da aplicação de barreiras protetoras com tintas epóxicas.

### Corrosão no cobre

O cobre apresenta excelente resistência à corrosão devido ao seu potencial padrão positivo (+0,34volts<sub>EHS</sub>) e velocidade de corrosão insignificante que o acompanha, quando em contato com a água e o ar. A camada de óxido de cobre, levemente solúvel, formada no primeiro contato com a atmosfera é, virtualmente, insolúvel ao contato com soluções alcalinas. No entanto, a presença de cimentos com alta alcalinidade, ou seja, aqueles que tenham em seus vazios uma solução com pH superior a 13,3 atacam o cobre e o latão (liga de cobre e zinco).

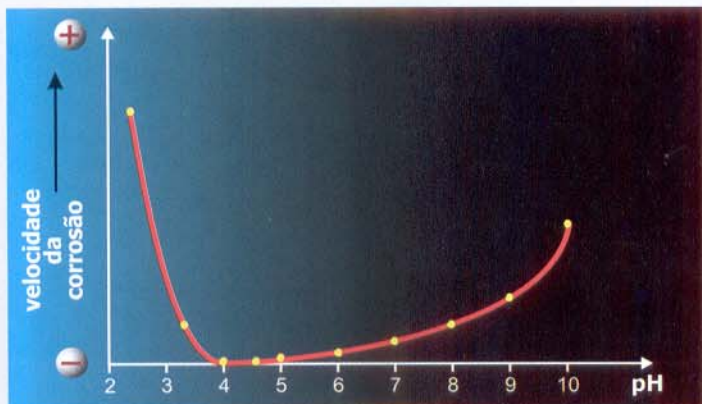


Figura 4 - Relação entre a corrosão do alumínio para diferentes valores de pH.

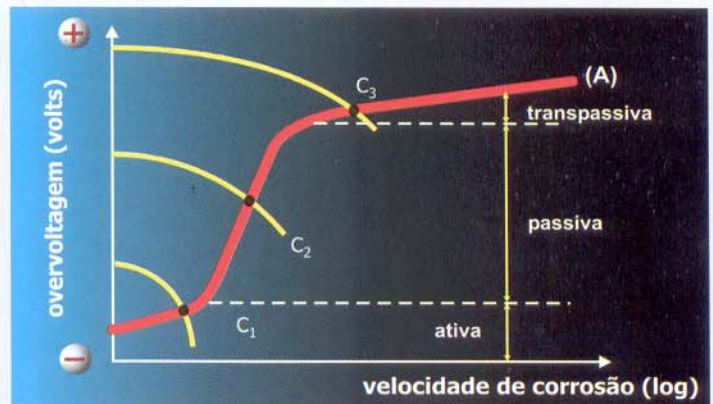


Figura 5 - Curva característica da corrosão do alumínio (A) exposto a uma corrosão ativa (C<sub>1</sub>), a uma condição mais ou menos estável (C<sub>2</sub>) e a uma condição corrosiva novamente (C<sub>3</sub>).

# Pisos com alta resistência? só com DURO 10.



DURO 10 é a solução. É incolor, inodoro e não polui a natureza pois é à base d'água. Quando penetra na superfície do concreto ou de paredes emboçadas, torna-as extremamente duras, densas e praticamente impermeáveis. Com este simples tratamento cessa a poeira, as marcas de pneus e outros problemas. Uma nova composição para a antiga fórmula de endurecer pisos. O piso de concreto tratado com DURO 10 não arranha e não perde película. O tratamento ocorre dentro da massa do concreto a uma profundidade de 3 a 10 milímetros, dependendo da sua porosidade. Com DURO 10 promove-se também uma excelente cura do concreto, neutralizando as substâncias alcalinas não reagidas, responsáveis pela desintegração da superfície.

DURO 10 não é uma pintura. Logo, não arranha ou perde a película.

## DURO 10

Tele-atendimento  
(0XX21) 2494-4099  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 10



## Zinco

O zinco não é um material resistente à corrosão, pois se caracteriza por ter um potencial padrão negativo de  $-0,76\text{volts}_{\text{EHS}}$ . É utilizado na construção como película galvanizante, através da técnica de proteção catódica por anodo de sacrifício. A existência de solução alcalina nos vazios de argamassas e concretos, acenando com um pH que

varie entre 12,5 e 13,5, sensibiliza a película galvanizante. Desta forma, a película do zinco é atacada e consumida de maneira uniforme, expondo o aço à corrosão.

### A corrosão dos metais em contato com o gesso

O gesso é bastante empregado nas edificações apenas pela adição d'água. O re-

sultado é uma estrutura endurecida, mas extremamente porosa, de cristais em forma de agulhas ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), formando placas e paredes de gesso. O sulfato de cálcio é um sal extremamente agressivo aos metais empregados na construção e, mesmo os tubos ou fios de aço galvanizados não escapam após alguns anos de convívio direto. O alumínio, isento de cobre em sua composição, praticamente não é

## Quando o Assunto é Impermeabilização Contra a Carga Hidrostática...

A tecnologia da injeção com poliuretano hidroativado PH Flex ataca, de maneira profunda, a água de onde quer que ela venha. Assim, infiltrações em galerias e paredes de barragens, paredes diafragma, minações d'água em pisos e poços de elevadores, metrô e vazamentos em castelos d'água são resolvidos direta e profundamente, sem chance de retorno. Para sempre!

### Injete PH FLEX

Tele-atendimento = (021) 2493-4702 • fax (021) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br • Fax consulta nº 11



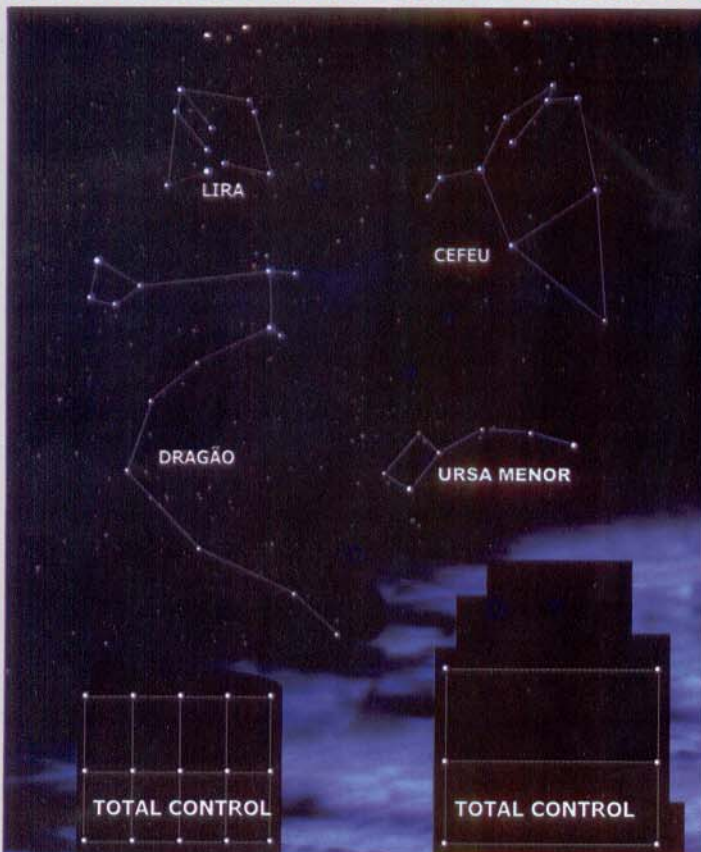
## MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS? SÓ COM FIBRA ÓTICA

Não, não é outra constelação. São estruturas monitoradas com sensores de fibra ótica TOTAL CONTROL, que medem variações de temperatura, campos magnéticos, vibrações, umidade, cargas, pressões, contaminação química, etc. Pontes, túneis, barragens, estacas, piers, interceptores oceânicos, instalações nucleares são algumas das estruturas monitoradas, de modo global e com resolução micrométrica pelos nossos sensores. Nada escapa ao TOTAL CONTROL. Medir só deformações não informa o real comportamento da estrutura. Faça monitoramento completo, com fibra ótica TOTAL CONTROL.

### FIBRA ÓTICA TOTAL CONTROL

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 12



atacado pela solução existente nos vazios do gesso. Poder-se-á, apenas, perceber a surgência de poucos pites de corrosão após alguns anos de contato. As ligas de alumínio que contém cobre em sua composição, ao contrário, sofrem intensamente os efeitos da corrosão quando em contato com a solução que passa pelo interior da massa de gesso. O cobre, devido àquela película de óxidos que o protege é insensível e estável à presença dos sulfatos e, portanto, muito resistente à ação do gesso. **T**

### Fax consulta nº 13



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Corrosão.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

[www.ipacon.com.br](http://www.ipacon.com.br)

### REFERÊNCIAS

- Evandro Salles Pinto é engenheiro metalúrgico.
- H. Woods, Corrosion of embedded material other than reinforcing steel. Research and Development Laboratories of the PCA. Bulletin 198.
- E. Fischer and H. Voßkübler. Verhalten von Aluminiumlegierungen gegenüber Mörtelmischungen. Aluminium.
- U. Nürberger. Korrosionsverhalten von feuerverzinktem Stahl bei Berührung mit Baustoffen. Werkstoffe un Korrosion.

## O que é um Busca-Furos?

Próxima Edição  
**RECUPERAR**

## Lápis Medidor de pH

Este lápis mede facilmente o pH de qualquer superfície. Basta riscá-la e pronto. Em poucos instantes o risco na superfície mudará de cor. Comparando esta cor com a tabela fornecida, obter-se-á o pH da superfície.

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



# Epóxis Subaquáticos?

Sistema epóxico armado com fibra de aramida para ser aplicado como revestimento em estruturas subaquáticas de concreto e metálicas, com rolo ou trincha. Alta resistência à abrasão.

### Bio-Dur 560

Sistema epóxico com fibras de aramida aplicado com rolo ou trincha. Altíssima resistência abrasiva e de tração em qualquer tipo de superfície subaquática.

### Bio-Dur 561

Massa epóxica com fibras de aramida, ideal para proteção de superfícies subaquáticas sujeitas a grande abrasão e a cavitação.

**Estes são os epóxis que, efetivamente, fazem o melhor trabalho em sua obra subaquática.**

### BIO EPÓXIS

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 14

# Como recuperar pontes protendidas com vigas-caixão? (II)



Figura 1 - diversos tipos de seção em vigas-caixão.

**Carlos Alberto Monge**

Novas especificações para identificar e recuperar problemas neste tipo tão particular de estrutura.

Pontes protendidas com vigas-caixão, efetivamente, são estruturas com características bem peculiares. Genericamente, seu peso próprio e sobrecargas provocam tensões de tração na região inferior do caixão e compressão em sua região superior. Seus cabos de protensão, por sua vez, atuando como um cabo de guerra, introduzem forças de compressão no con-

creto da estrutura, reduzindo enormemente ou mesmo eliminando aquelas tensões de tração. Não se desconfiava, no entanto, que com o correr do tempo os fenômenos da retração e da fluência reduzissem o tensionamento aplicado e, conseqüentemente, as forças de compressão existentes, fazendo desfilar tensões de tração ao longo da estrutura.

## O aço utilizado na protensão

De uns trinta anos pra cá, muitas tentativas foram feitas no sentido de se retensionar os cabos sintomáticos pela, indesejável mas inevitável, dupla fluência-retração. Tudo em vão. Exatamente porque os materiais até

continua na pág. 28



Figura 2 - viga-caixão em seção única. É muito comum impactos em sua região inferior, o que exige vistorias periódicas.

## GLOSSÁRIO

**Relaxação** – perda da tensão que ocorre em um material submetido a deformação constante.

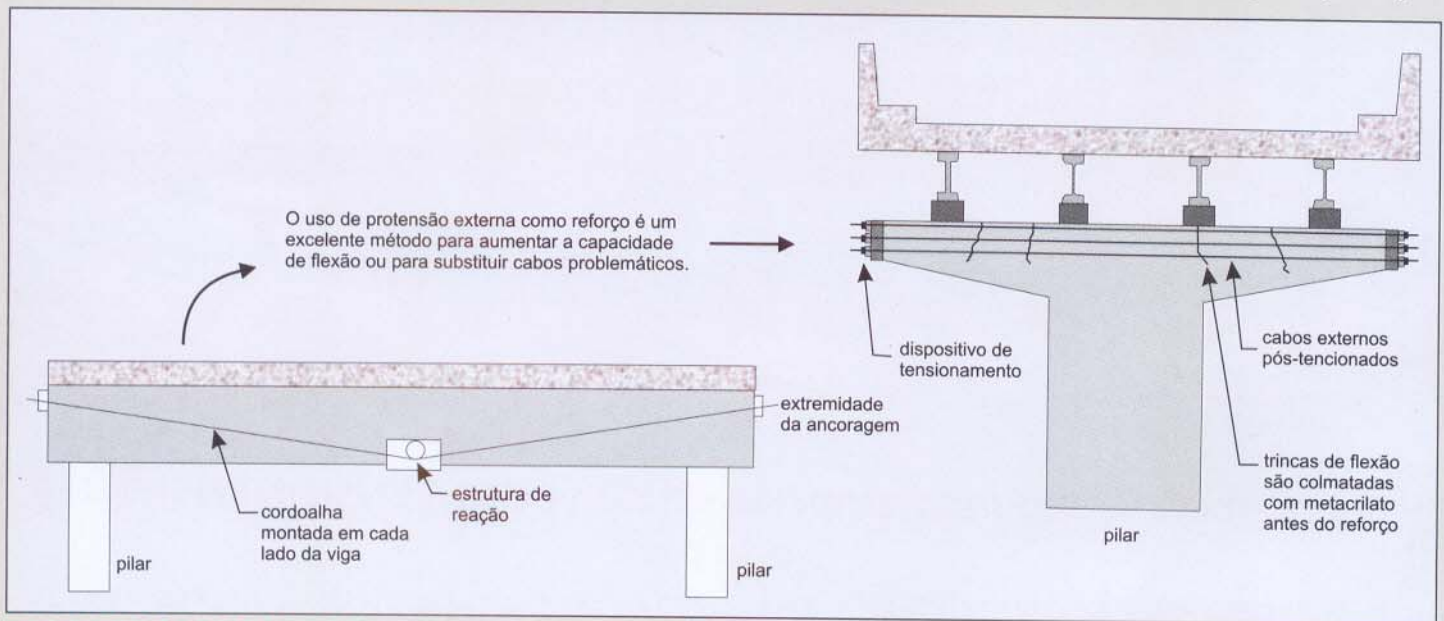
**Cordoalha** – componente do cabo de protensão, formado por inúmeros fios, a maioria dos quais torcido.

**Concreto protendido** – conceito estrutural que combina concreto e aço de alta resistência.



Figura 3 - Ponte com viga-caixão em dupla seção.

há pouco tempo empregados eram tecnicamente limitados, assim como faltavam conhecimentos para explicar totalmente a fluência no concreto. A força inicial de protensão imposta à estrutura é usualmente reduzida de 10 a 30% pelos efeitos da fluência (creep) e da retração no concreto, havendo também contribuições pela relaxação que ocorre no aço de protensão empregado. Os aços de protensão antigos, que produziam tensões de aproximadamente 2800kg/cm<sup>2</sup>, eram inadequados para supos-



## TESTE DE VERIFICAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR CLORETOS



Extrai-se o pó do concreto a várias profundidades.

Inseri-se o pó no recipiente plástico com o reagente. A sonda informará o teor de contaminação por cloretos.



Contaminação no concreto armado e protendido significa corrosão feita no aço. O que se pode fazer para saber se o concreto está ou não contaminado? CHLOR-TEST é a única maneira de verificar se há ou não contaminação por íons cloretos, esses "bichinhos" que ativam o concreto, tornando-o um inferno para o aço. CHLOR-TEST é um teste high-tec que, em apenas 3 minutos informa a existência daqueles "bichinhos" e sua quantidade. CHLOR-TEST é vendido em 3 versões:

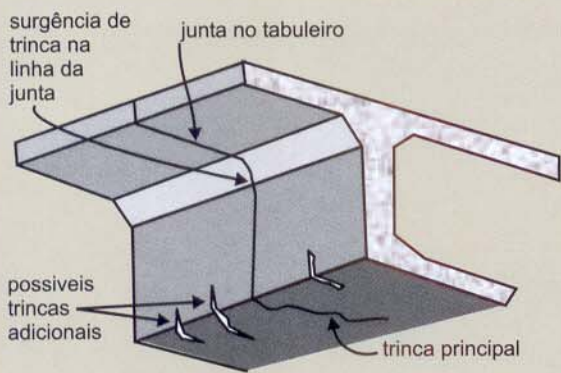
CHLOR-TEST "S" - para superfícies de concreto e metálicas.

CHLOR-TEST "W" - para água de amassamento.

CHLOR-TEST "A" - para areia de jateamento ou do concreto.

 CHLOR-TEST

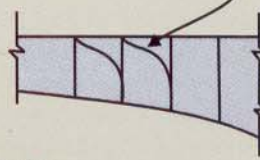
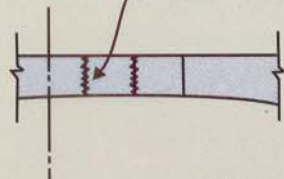
Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 22



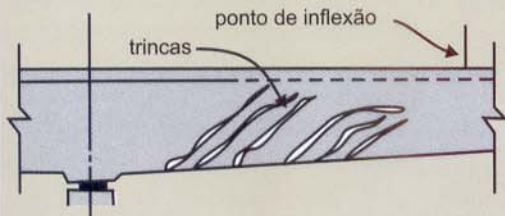
Trincas de flexão

trincas verticais de flexionamento

trincas combinadas de flexão e cisalhamento próximas aos apoios



Trincas de flexão



Trincas de cisalhamento

Figura 2 - Locais, na viga-caixão, onde surgem trincas. Embora qualquer trinca seja um caminho aberto à penetração d'água, oxigênio e sais corrosivos, sua posição e características, observadas durante a inspeção, são pistas importantes das tensões que a estrutura está sofrendo.

tas perdas de tensões de 1000 até 2000kg/cm<sup>2</sup>, assim como para supostas perdas de tensão de 1000 até 2000kg/cm<sup>2</sup>. O que se via, portanto, era a perda total do tensionamento aplicado que, no final das contas, tirava o ânimo dos projetistas.

### O concreto

A qualidade do concreto utilizado em pontes protendidas é tão importante quanto o aço. A estrutura do concreto das pontes antigas, usualmente, apresentam vazios ou ninhos (de concretagem) que, com o correr dos anos, vão sofrendo lento esmagamento devido a aplicação da protensão. Os concretos de alta resistência atuais, invariavelmente com superplastificantes, reduzem o fator água/cimento e aumentam a trabalhabilidade, assim como facilitam o lançamento e a compactação. O resultado é a pouca presença de ninhos de concretagem. Desta forma, os concretos de alta resistência hoje empregados em pontes protendidas sofrem bem menos redução de volume do que seu primogênito, diminuindo a incidência das perdas associadas ao creep e a retração do concreto.

Recentes pesquisas sobre a capacidade de tração do concreto e os efeitos de fluência

**Se você é daqueles que recupera estruturas com corrosão apenas baseado nos sintomas de deslocamentos, pode apostar, você ainda vai se dar mal.**

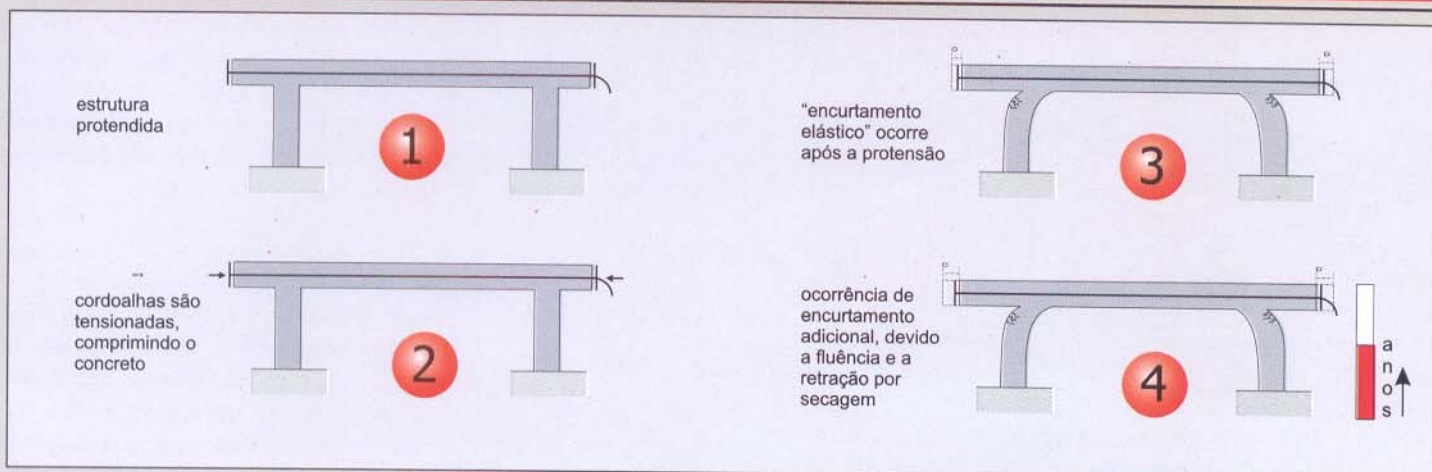


\* Serviços tradicionais de recuperação estrutural motivados por corrosão custam caro, complicam ainda mais o estado eletroquímico das armaduras e dão falsa garantia de alguns anos, quando a corrosão vem mais forte. ZTP economiza grande parte das etapas de recuperação e, simplesmente, "desliga" a corrosão.

**ZTP**  
(ZINCO TERCIO PROJETADO)

**20 ANOS\*  
DE GARANTIA  
CONTRA CORROSÃO NO  
CONCRETO ARMADO**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-4702  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 23



neste material originaram novas normas de dimensionamento para pontes protendidas.

### Um ano versus dez anos

Definitivamente, dever-se-á entender que o concreto, com todas as suas propriedades, sofre mudanças com o tempo, motivado pela sina de ser um falso sólido. Com isto em mente, dever-se-á entender que retração e fluência fazem parte daquele pseudo-sólido e, portanto, deverão ser bem consideradas ao se dimensionar estruturas protendidas. Nas estruturas contínuas, particularmente estes dois fatores, sozinhos, promovem a redistribuição dos momentos resultantes e, por isso, devem ser previamente bem considerados.

Hoje, já existem programas computadori-

zados que permitem monitorar e atualizar as propriedades dos materiais empregados nas pontes, prognosticando o comportamento da estrutura para um tempo futuro qualquer. Com estes programas, poder-se-á programar futuras recuperações/reforço e, mais importante, seu comportamento na estrutura original. Os reforços, com protensão externa ou fibra de carbono, basear-se-ão nos dados obtidos da fluência sofrida pela estrutura.

### Os sintomas corriqueiros

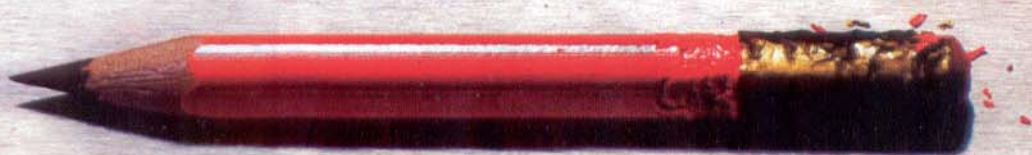
A maioria das pontes protendidas com vigas-caixão apresentam sintomatologia bastante aparente, com sinais visíveis de um comportamento aquém do dimensionado que, às vezes, deve-se inclusive a cálculos

incorretos das cargas que acabam entrando na estrutura. A causa campeã de problemas, no entanto, é a estimativa incorreta da perda de protensão devido a fluência e a retração do concreto, associadas à relaxação dos cabos. Logo atrás, como causa importante também, aparece a desconsideração dos gradientes térmicos a que a estrutura estará submetida.

A seguir, apresentaremos uma relação dos problemas mais comuns que surgem neste tipo de estrutura, assim como suas causas.

### Fissuramento

Todos concordamos que o maior e mais frequente sintoma informativo de anormalidade em uma estrutura de concreto armado/protendido são as fissuras e trincas. A



## Dúvidas ao lidar com corrosão?

- Estudos da corrosão.
- Acompanhamento forense.
- Treinamento e palestras.
- Especificações.
- Pesquisa e desenvolvimento.
- Consultoria.

## CONSUL-CORR



Especialistas em corrosão.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2494-4099  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 24

ocorrência destas anomalias, próximo à zona de ancoragem, pode ser um indicativo da deficiência de armaduras de combate às grandes tensões ali acumuladas. A verdade é que o posicionamento e a abertura da trinca, na estrutura, é que irão informar sobre o problema existente. Independentemente de seu tamanho, uma trinca será, ontem, hoje e sempre, um caminho de entrada para a água (líquida ou vapor), a detonadora do oxigênio e agentes aceleradores da corrosão como os íons cloretos, sulfetos etc, que alcançarão as armaduras, a bainha, a pasta de cimento protetora e, por fim, a superfície do aço dos cabos de protensão.

Apresentaremos, a seguir, uma descrição das trincas comumente encontradas em peças protendidas, assim como suas causas.

#### Fissuramento devido a flexão

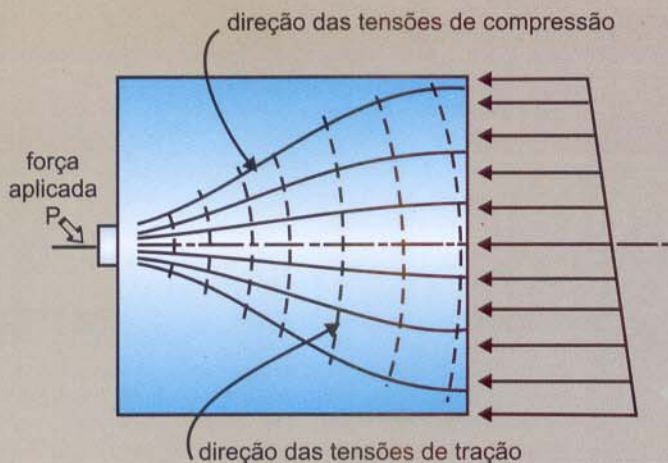
Trincas transversais na região superior ou inferior do caixão são, usualmente, sinal de que a estrutura está subdimensionada.

Armadura ou cabos de protensão não são suficientes para suportar as forças de tração produzidas pelo carregamento. Dever-se-á investigar os métodos de aumento do momento no caixão. As figuras abaixo evidenciam as trincas e suas ligações.

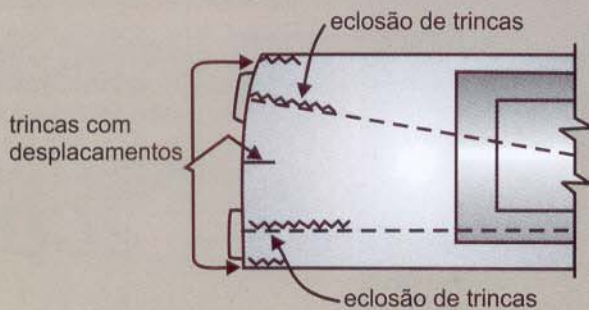
#### Fissuramento na zona de ancoragem

Uma das situações mais comuns é a constatação de trincas junto à região de ancoragem dos cabos, o que significa insuficiência de armaduras. Intensas forças de compressão, exercidas pelos cabos de protensão, produzem regiões de tracionamento ao longo da zona de ancoragem.

Estes efeitos foram, recentemente, analisados e suas condições já fazem parte das modernas normas para dimensionamento. As forças de compressão são aplicadas de forma localizada, espalhando-se dentro da estrutura, até o ponto em que ocorre uma distribuição uniforme de tensões, através da seção da estrutura. As forças localizadas estão ilustradas na figura abaixo.



Idealização das direções das tensões, na zona de ancoragem, com carregamento simples.



Planta da zona de ancoragem evidenciando trincas, devido a tensões de tração secundárias.

Figura 3 - Distribuição de tensões em zona de ancoragem associada a um padrão de fissuramento. Em pontes antigas, particularmente, a surgência de fissuramento indica ausência de armaduras.

#### Eclosão de trincas e fissuras

As tensões de compressão produzidas no concreto, através dos cabos, dispersam-se em rede, tomando a forma de um bulbo de pressões. Dentro deste bulbo desenvolvem-se forças de tração que precisam ser combatidas com armaduras de tração, usualmente na forma de espiral, em torno dos cabos e da ancoragem. Se a armadura é inadequada ou insuficiente, certamente ocorrerão fissuramentos e trincas que tomarão a direção dos cabos.

#### Fraturas

Forças fraturantes ocorrem entre peças com ancoragens múltiplas. À medida que os bul

**MC** serviços técnicos e engenharia

**RECUPERAÇÃO e REFORÇO ESTRUTURAL com FIBRA DE CARBONO.**

Em sua próxima obra de recuperação e reforço estrutural escolha praticidade, eficiência e rapidez. Consulte-nos, pois temos a maior experiência em serviços de reforço com fibra de carbono.

Ligue hoje mesmo. Atendemos em todo o Brasil. tel/fax: (11) 3904-0122 / 3904-0493

**ALICERCE**

TECNOLOGIA EM SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO

- Isolamento Térmico.
- Injeção de Poliuretano e Epóxi.
- Endurecimento Químico de Pisos.
- Recuperação e Reforço de Estruturas utilizando Fibra de Carbono.
- Impermeabilização.
- Juntas de Dilatação.
- Pisos Industriais. Epóxi.

**(81) 3269-6820**

**(81) 9973-8955**

alicerceconstrucoes@hotmail.com.br

bos de compressão espalham-se externamente, de modo a conseguir uma distribuição uniforme de tensões, estabelecem-se “suportes” de compressão e “laços” de tração entre eles. Tensões de tração também desenvolvem-se entre chapas de ancoragem. Sem armadura suficiente, ocorrerão trincas entre as ancoragens.

### Tração nas bordas longitudinais (deslocamentos)

O efeito da aplicação de cargas no concreto promove uma tendência a deslocamentos ao longo da superfície longitudinal da estrutura, motivado por forças desplasantes. O chamado efeito poisson. Isto resulta em tensões de tração nas extremidades da peça o que, sem armadura de tração adequada, promoverá trincas seguidas de deslocamentos.

### Eflorescências

Penetração d'água em estruturas de concreto armado-protendido significa problemas. A água que bebemos, com seus próprios sais, entre eles os cloretos, costuma infer-

nizar a vida desses pseudo-sólidos, mais propriamente suas armaduras e cabos de protensão, pelo fato de o aço ser um metal extremamente reativo. A água, na forma líquida, adentra em trincas e fissuras, regiões planas muito comuns nas zonas de ancoragem, adentrando também, sabe lá Deus como, nas vigas-caixão, fazendo poças em seu interior. A água, na forma de vapor, principalmente pela freqüente alta de umidade relativa nas cidades, faz seu estrago particular nas estruturas sem camada (adequada) de recobrimento, atingindo em cheio o aço. Tudo isso tem que ser evitado, investigando-se caso a caso, impermeabilizando-se a estrutura de modo a impedir a penetração d'água. **T**

### Fax consulta nº 25



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Métodos de Recuperação.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

[www.ipacon.com.br](http://www.ipacon.com.br)

### REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monge é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- AASHTO (American Association of State-Highway and Transportation Officials), Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges.
- Comité Euro-International du Béton and Fédération Internationale de la Précontrainte, International System of Unified Standard Codes of Practice for Structures, Vol. II. Published by Comité Euro-International du Béton.
- Libby, James R., Modern Prestressed Concrete; Design Principles and Construction Methods.
- Memm, Christian, Prestressed Concrete Bridges.
- NCHP Project 10-29 staff, Proposed Post-tensioned Anchorage Zone Provisions for Inclusion in the AASHTO Segmental Bridge Specifications, ed. John E. Breen, Ferguson Structural Engineering Laboratory, Austin, Texas, for Transportation Research Board, National Research Council.

### Monitoramento com fibra ótica.

Próxima Edição

**RECUPERAR**

## Ainda tentando injetar velhos epóxis em trincas?



Com MONOFLEX e MONORIGID você não precisa de bombas de injeção. É só aplicar e pronto. MONOFLEX e MONORIGID são produtos bi-componentes com relação 1:1 e fornecidos em prático duplo cartucho. Mais economia e eficiência. MONOFLEX e MONORIGID são potentes adesivos, na forma semi-rígido e rígido, respectivamente, para aplicação em trincas e fissuras de pisos, vigas e pilares.

Superiores em tudo aos epóxis tradicionais injetáveis.

**Não perca mais tempo (e dinheiro), coloque MONOFLEX ou MONORIGID em uma pistola de cartucho duplo e pronto.**

MONOFLEX - MONORIGID

**2003**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
[produtos@recuperar.com.br](mailto:produtos@recuperar.com.br)  
Fax consulta nº 26



# A película de proteção do concreto falha e a **tubulação de esgotos** entra em colapso.

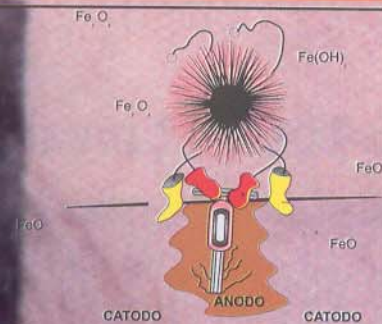


Figura 1 - O interior da tubulação e o estado do revestimento protetor epóxico após dois anos da entrega da obra. Pancadaria na justiça.

**Michelle Batista**

Dois anos após a entrega da obra, tubulação de concreto vira peneira e caso vai parar na justiça.

Nesta época em que acordamos para o problema em nossas cidades, iniciando, timidamente, a construção de redes de esgotos, através de tubulações de concreto armado, torna-se extremamente interessante pesquisar e verificar como, recentemente, a prefeitura de uma grande cidade americana correu atrás do prejuízo ao notar que a proteção epóxica que

cobria a superfície do concreto armado começou a descascar, dois anos após a entrega da obra, expondo a frágil superfície do concreto à destruição do esgoto. Sabendo da possibilidade da perda de toda tubulação no prazo máximo de cinco anos, devido à ação do esgoto no interior do concreto armado, a

prefeitura, tecnicamente bem assessorada, executou uma série de testes interessantes, culminando num preciso e irrefutável diagnóstico acerca das causas do estado de ruína do revestimento. Justiça para projetista, empreiteiro e fornecedor do revestimento.

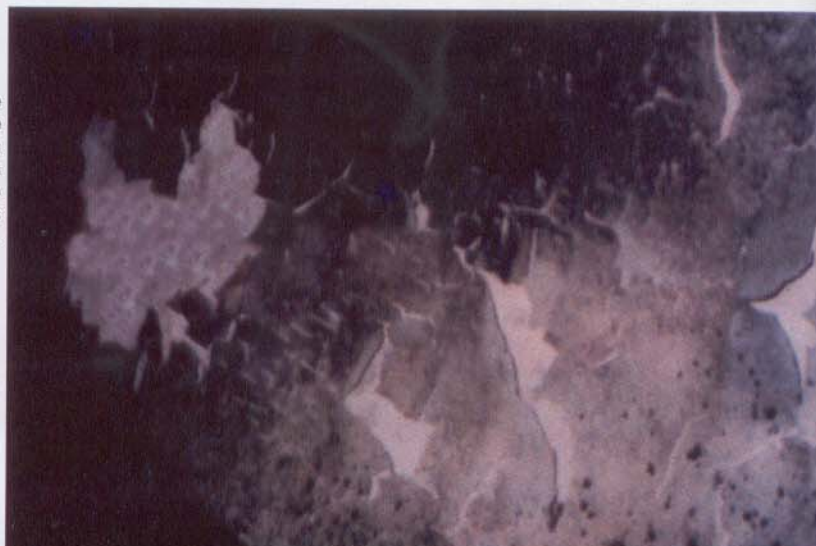
## GLOSSÁRIO

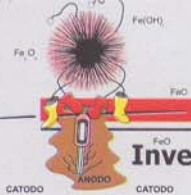
**Polímeros** – são compostos por monômeros que, quimicamente, formam cadeias ou unidades repetidas (polimerização).

**Polímeros termorrígidos** – são materiais que amolecem ao serem aquecidos pela primeira vez mas tornam-se infusíveis a aquecimentos subsequentes. Composto de polímeros nobres, de estrutura homogênea que, sob a ação do calor, desenvolveu ligação cruzada entre seus grupos funcionais, resultando uma rede tridimensional rígida e resistente ao calor. Um exemplo é o epóxi.

**Polímeros Termoplásticos** – são materiais que amolecem sob a ação do calor e endurecem pelo resfriamento. Podem ser aquecidos e resfriados inúmeras vezes. Um exemplo é o PVA.

Figura 2 - Detalhe do grau de deterioração da película protetora e da superfície do concreto passados apenas dois anos.





## Investigando o caso

Toda a documentação e contratos entre as partes envolvidas foram minuciosamente analisados pelos advogados da prefeitura, com o objetivo de levantar as responsabilidades. Paralelamente, a empresa de consultoria técnica promovia a inspeção, com direito a filmagem, no interior da tubulação de concreto armado com 1,70 m de diâmetro. O dimensionamento natural de uma tubulação de esgoto obriga o cálculo de folgas em seu diâmetro, necessário para cobrir a relação entre o volume atual e o futuro. O cálculo da declividade da tubulação também foi avaliado.



Figura 3 - A extração deste corpo de prova com 75 mm evidenciou que o concreto e a película sofriram de pressão hidrostática.

A especificação técnica, tanto lá quanto cá, acerca do método construtivo é absolutamente vazia no que se refere aos hábitos dos futuros hóspedes da tubulação, quer

dizer, como vivem e proliferam, incorrendo num prognóstico sombrio (mas perfeitamente conhecido) pela ausência de medidas preventivas específicas. Como diz um

## Epóxi à base de alcatrão. Que tinta é essa?

Tintas protetoras à base de alcatrão têm neste material o elemento aglomerante, quer dizer, funciona como "resina" ou "cimento" que irá fixar todos os componentes da tinta, por exemplo, juntando e fixando as partículas do pigmento (coesão), estruturando a película, promovendo a adesão na superfície e, naturalmente, ditando as propriedades que a tinta irá ter. Trata-se de um dos mais importantes modificadores dos epóxis, que atuam como catalisadores das reações epóxi/amina. À medida que o componente epóxico, que serve de hospedeiro para a resina de alcatrão de

hulha, é consumido pelos ácidos do alcatrão, a tinta final tende a perder essa qualidade. O aumento da concentração do alcatrão na tinta faz diminuir sua qualidade e, principalmente, sai a resistência química, o óleo do alcatrão e os seus ácidos também atuam como diluentes na formulação do epóxi de alcatrão. São usados diferentes tipos de agentes de cura, entre eles as aminas cicloalifáticas e as poliaminas que, no final, dizem o quanto a tinta irá resistir a um determinado ambiente químico. Exige-se um teste de arrancamento da película superior a 7Mpa. É muito tóxica.

taxista americano, oriundo de Governador Valadares: the think is very black now.

Lá como aqui não é necessário ter um Prêmio Nobel em Biologia na equipe de projetos para saber que os futuros hóspedes da tubulação de esgotos, suas famílias, rotina de alimentação e reprodução são extremamente perniciosos para o concreto armado/protendido. O ambiente que se forma acima da linha do líquido, dentro da tubulação, transforma-se em um verdadeiro inferno para o concreto armado/protendido. É extremamente fértil à proliferação de bactérias, ou seja, quanto maior o espaço interno e menor a declividade do sistema, maior a concentração do problema. A umidade e a temperatura interna da tubulação, invariavelmente favorável às bactérias, dão o toque final à encubadeira.

Esgoto gera gases do tipo sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) que, na pró-

continua na pág. 30

### GLOSSÁRIO

**Monômero** – substância química, normalmente simples, capaz de reagir com si mesma ou com outros monômeros para formar polímeros. Caracteriza-se por ter dois ou mais grupamentos funcionais. A substância amina caracteriza-se por ter o grupamento funcional NH<sub>2</sub>.

**Hidrocarboneto** – é a função fundamental da química orgânica. São substâncias formadas exclusivamente de carbono e hidrogênio.

**Plastificantes** – são substâncias que se adicionam com o objetivo de melhorar o escoamento do polímero, sua processabilidade, além de reduzir sua fragilidade.

**Hidrocarboneto Aromático** – São substâncias que apresentam, pelo menos, um anel homogênico. Anel homogênico é o conjunto de seis átomos de carbono ligados entre si.

**Temperatura de Transição Vítrea** – uma temperatura ou variação na qual materiais poliméricos mudam do estado rígido, parecido com o vidro, para um estado elastomérico.

**Ligações Cruzadas** – ligações covalentes entre duas ou mais cadeias poliméricas lineares.

### Iliescu Recuperação e Reforço de Estruturas

Eng<sup>o</sup> Marcelo Iliescu  
Consultor

- Diagnósticos e Laudos Técnicos de RRE.
- Ensaio de íon Cloreto e de Potenciais.
- Tratamento da Corrosão com Proteção Catódica com Anodos de Sacrifício.
- Reforço com Fibra de Carbono.
- Projetos Estruturais de RRE.
- Impermeabilização contra a carga hidrostática (injeção de poliuretano).

Atendemos em todos os estados

www.iliescu.com.br • iliescu @ ig.com.br / (21)9165.5373 / 2570.2406

pria solução do esgoto, se auto promove a ácido sulfídrico, alavancado pela putrefação dos organismos vivos. As bactérias que oxidam o enxofre, freqüentadoras inveteradas deste ambiente gasoso, convertem o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) em ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) com a ajuda e a presença da água na forma de gás.

A película protetora interna especificada foi o epóxi à base de alcatrão (EBA) ou coal tar epóxi, como também chamamos por aqui. A especificação da obra exigiu que a tinta deveria ser aplicada na tubulação de concreto, no próprio canteiro da obra, antes do seu posicionamento debaixo do solo, de modo a melhorar a qualidade da proteção. Mas o agente de cura de-

veria ser uma poliamida e a espessura do filme seco aplicado deveria ser em torno de 3mm.

Em medicina costuma-se dizer que quando erra-se no diagnóstico, peca-se na terapêutica, além do que o corpo sofre e o bolso mais ainda. Os projetistas não desconfiaram que o EBA não resiste à ação do ácido sulfúrico desenvolvido na parte superior da tubulação. Embora muito utilizado a partir dos anos 50, o EBA, quando aplicado em tubulações de esgoto e ETEs nunca sobrevivem mais do que alguns anos de vida. De uns 15 anos pra cá esta formulação deu vez ao epóxi novolac com 100% de sólidos. A própria norma do American Concrete Institute ACI 515 diz que

o concreto que entrará em contato com o esgoto deverá receber revestimento protetor suficientemente resistente a ácidos orgânicos e minerais concentrados, sugerindo o epóxi novolac e a manta de PVC, com espessuras que variam de 500 micrômetros a 6mm. Um outro importante aspecto desconsiderado pelos projetistas foi que a cota de assentamento da tubulação ficaria abaixo do nível freático. Portanto, a película protetora, além de encarar toda a violência química do esgoto, ainda receberia pelas costas uma bela pressão hidrostática, na forma líquida ou gasosa. Quer dizer, não especificaram nada para impermeabilizar a tubulação que ficaria em contato com a água. Que rolo! Porque basta-

# ANÁLISE DE TINTAS E POLÍMEROS

## PCL

### Atende a

- Fabricantes de tintas e revestimentos.
- Fornecedores de matéria prima.
- Construtoras.
- Órgãos públicos e privados.
- Consultores.

### Oferece

- ✓ Análise completa de tintas.
- ✓ Deformulação, caracterização.
- ✓ Suporte a P e D.
- ✓ Análise da ruína que ocorre em películas de tintas.
- ✓ Consultoria.

PCL

POL COAT LABORATORIES

**POL COAT LABORATORIES**

Tele-atendimento: (21) 2494-4099

fax: (21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 30

ria apenas a pressão hidrostática para dar fim à película, descolando-a. Algo como ocorre muito em pisos industriais pintados com epóxi. Um outro aspecto desconsiderado nesta especificação gasosa é a ausência do teste de detecção de furos na película (holiday detector), fundamental para ambientes submersos ou sujeitos à ação de gases e bactérias. A medida da espessura da película seca e a frequência dos testes para sua medição também ficaram no esquecimento.

## Investigando o Interior da tubulação

Testes subsequentes evidenciaram o pH das superfícies variando entre 2 e 4, apontando para condições extremamente ácidas nas paredes superiores da tubulação. O detector de gases acusou alta concentração de ácido sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio  $H_2S$ . Como ficou evidenciado na RECUPERAR n° 24, tubulações de esgotos ou ETEs com pH em torno de 3 costumam desenvolver a bactéria do tipo tiobacillus.

Constatou-se, o que é muito comum, que 19 indústrias jogavam seu esgoto nesta linha de tubulações e duas delas especificamente despejavam grande quantidade de disulfeto de carbono ( $CS_2$ ), solvente competente que, simplesmente, sensibiliza o EBA usado como proteção. Com estes dados na mão, a equipe de patologia contratada adentrou na linha, ainda em serviço, para obter as provas principais.

### GLOSSÁRIO

**Resinas da amina** – são produtos termostáveis (amolecem ao serem aquecidos pela primeira vez, mas tornam-se infusíveis a aquecimentos subsequentes), usados como modificadores de propriedades de resinas epóxicas. Produto da reação do formaldeído e do álcool.

**Petrografia** – descrição e classificação sistemática do concreto e rochas.

**Sulfeto** – sal do ácido sulfídrico. Substância química proveniente do enxofre.

**Sulfato** – sal do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

**Solventes Aromáticos** – Grupo de substâncias derivadas do carvão ou petróleo, como o benzeno ou tolueno.

**Aromático** – derivado ou que pertence à maior classe de substâncias orgânicas pertencentes à família dos solventes, característico da presença de anéis de benzeno.

**Coque** – resíduo sólido da destilação seco da hulha. É leve, duro e poroso.

**Hulha** – carvão com 80 a 85% de carbono. A sua destilação nos dá uma fração líquida de onde retiramos uma fase denominada alcatrão de hulha. Da destilação do alcatrão de hulha resulta mais de uma centena de substâncias, onde predominam os aromáticos (benzeno, tolueno etc) dos quais produzem-se polímeros.



Figura 4 - Visão ampliada em 10 vezes da região anterior da película de EBA (interface de colagem) com evidências de depósitos cristalinos esbranquiçados, ou seja, gesso.



Figura 5 - Uma região da tubulação evidenciando bolhas sob a película, provocadas pela pressão hidrostática.

A estratégia da inspeção visual, com direito a exame físico foi, primeiro, levantar os pontos de alimentação da linha e, em seguida, analisar a situação a montante e a jusante de cada contribuição. Seguiram-se os exames:

- Teste de percussão na superfície do concreto.
- Levantamento da espessura da película (média).
- PH das superfícies do concreto para as diversas condições existentes.
- Nível de  $H_2S$  no interior da tubulação.
- Temperatura do efluente.
- Profundidade do nível do efluente.
- Regiões onde já havia processo de corrosão no concreto armado. Levantamento dos potenciais nas superfícies onde “aparentemente” não havia sinais de corrosão nas armaduras.

- Análise da permeabilidade na superfície do concreto e extração de corpos de prova para verificação da pressão hidrostática na tubulação. Análise da água freática.
- Amostras da película do EBA nas regiões deslocadas e nas aparentemente boas.

As regiões em que a película de EBA mostrava-se aparentemente boa, na verdade descolava com alguma facilidade ao serem testadas, em razão de terem vapor concentrado na interface de colagem.

### O que disse a petrografia?

A interface da EBA com o concreto, sob o microscópio, evidenciou depósitos cristalinos esbranquiçados identificados como gesso, em quantidades variadas (figura 6). Esta formação cristalina apoiava-se sobre

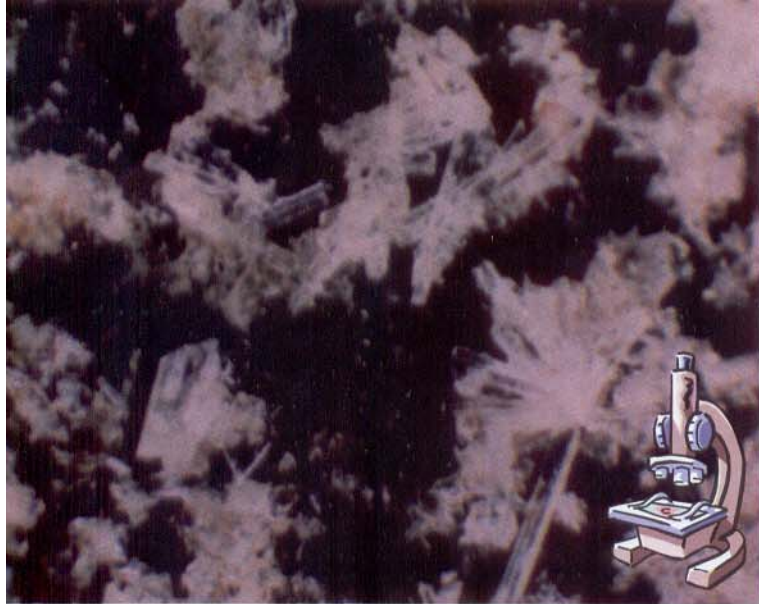


Figura 6 - Microfotografia do lado inferior da película da EBA mostrando os cristais de gesso. Aumento de 35 vezes.



tipicidade deflagrou uma unanimidade de opiniões em relação ao fato de que a pintura foi aplicada com apenas uma demão, sem qualquer controle da espessura ou da presença de furos com o Holiday Detector, obrigatório neste tipo de proteção.

Um outro fato interessante presenciado na microscopia foi a demasiada quantidade de alcatrão de hulha empregada na formulação, provavelmente com o intuito de barateá-la. Como é a resina epóxica que estrutura o alcatrão, deduz-se que havia pouco epóxi para muito alcatrão. O resultado é evidenciado na figura 8, onde constata-se a fragilização da película à medida que ocorria a lixiviação do alcatrão de hulha da película e adentrava a salada de gases, comandada pelo sulfeto de hidrogênio H<sub>2</sub>S que, literalmente, instalava minas por onde passava.

uma pasta mole, do mesmo material, bem grudada à superfície do concreto. A análise da película de EAB mostrou grande formação de trincas e fissuras nas regiões de maior espessura e surgência de furos nas menos espessas. Ou seja, à medida que o vapor úmido adentrava, impelido por pressão hidrostática suficiente, proveniente do solo, embrenhando-se pela riquíssima rede de vazios e capilares do concreto da parede da tubulação, promovia-se um arrastão de substâncias cálcicas. Esta moleza acabava na fronteira, que dizer, na interface do concreto com a película do EBA, onde aquelas substâncias ali depositadas formavam cristais de gesso que, com o aumento natural da formação, começavam a criar pressões (da cristalização) na película, desestabilizando a frágil interação epóxi/alcatrão, fissurando e/ou descolando a película etc. Esta

## A função da tinta de proteção

Uma população de 100 mil pessoas necessita de 15 milhões de galões d'água por dia. O esgoto diário resultante contém mais ou menos 40 toneladas de sólidos, os quais são formados por materiais inorgânicos, como sulfatos etc e orgânicos, como proteínas etc que liberam enxofre e que, subseqüentemente induz à formação do gasoso Sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico H<sub>2</sub>S. Este gás condensa na região superior das superfícies úmidas ou molhadas da tubulação que, na presença da água, é oxidado para a forma de enxofre, encubador do desenvolvimento da microflora bacteriana que, por sua vez, produz o ácido sulfúrico. A atividade e a conseqüente qualidade da microflora estabelecerá a produção do ácido, reduzindo cada vez mais o PH da superfície a valores que variam de 2 a 4. Daí é só corrosão no concreto e em suas armaduras. O revestimento, que deve proteger a superfície do concreto, é importante por uma

série de razões, considerando-se que o concreto é um falso sólido:

- A ordem de produtos químicos atacantes é muito grande e, no corpo a corpo com as substâncias cálcicas e aluminatos encontrados na matriz do concreto, estes são destituídos a categoria de sais, cristalizando e desintegrando o concreto.
- Os vazios, cavidades e capilares presentes em todos os tipos de concreto servem de ótimo ambiente e hospedagem à proliferação de famílias de bactérias, formando bicheiras, fornecendo sua rápida desintegração.
- O contato de substâncias ácidas ou da própria água com nutrientes que adentram e chegam à superfície das armaduras ou cabos de protensão do concreto, promovem um irremediável processo (acelerado) de corrosão.

## SELANTE ATÉ DEBAIXO D'ÁGUA.

Sabe, aqueles problemas com selantes em presença de umidade ou água? Acabaram. **SELAWATER** é tudo que você queria.

**SELAWATER**

É isso mesmo! Chegou o elastômero (selante) que você precisava. **SELAWATER** está revolucionando o mercado. Adere em tudo, mesmo na presença d'água e aceita pintura. Seu altíssimo poder de colagem literalmente cola e veda tudo. Resistência química inigualável.



**SELAWATER**

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-4702

fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 31

## O alcatrão da hulha

O alcatrão é obtido pela destilação da hulha (carvão fóssil ou em forma de pedra), geralmente como sub-produto da manufatura do coque. De natureza essencialmente aromática, é a fonte dos solventes benzeno, tolueno etc, que são destilados de modo fracionado

do alcatrão e o resíduo nada mas é do que o famoso piche. A consistência do piche varia de líquido viscoso a sólido duro e quebradiço, solúvel em óleos do alcatrão. De qualquer maneira, torna-se quebradiço com o tempo, pelo fato de não ter memória química.



Figura 7 - A seta indica o rompimento da película do EBA provocado pela pressão de expansão do processo de cristalização do gesso. Passamos um linha vermelha em torno da região da pasta totalmente alterada.

O epóxi microscópico também tornou evidente a enorme quantidade de furos na película, muito embora em nada tenha contribuído para a falência da pintura de proteção.

A análise microscópica utilizou um estero-



Figura 8 - Repare na mudança de cor existente na região A em relação a B. Isto indica um processo de lixiviação ou arraste das partículas de alcatrão de hulha à medida que o vapor alcança a superfície.

microscópio com aumentos superiores a 40 vezes, seguido do microscópio de luz polarizada com aumentos superiores a 400 vezes. Com esta estratégia, consegue-se determinar também a composição do concreto e estudar a interface concreto/EBA. T



Figura 9 - Partículas inchadas pertencentes à matriz do concreto (pasta) entranhadas na película do EBA.

Fax consulta nº 33



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Métodos de Recuperação

www.recuperar.com.br

### REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química.
- V. Brytus, "Second generation epoxy coatings for aggressive environments.
- W. Wood, "Coal tar epoxy coatings - that old black magic".
- J.P. bell, et al., "Amine cured epoxy resins: adhesion loss due to reaction with water".
- Y. Tanaka and T.F. Mika. Epoxy Resins: Chemistry and Technology.

## À prova de enganos...



**A maioria dos gases tóxicos são cancerígenos e promovem inúmeras outras doenças. Seu pulmão é um órgão respiratório muito sensível e não foi feito para absorver estas substâncias. Use tecnologia. Use detectores de gases GASTECH. Cabem na palma de sua mão. Nossa linha dispõe de detectores para um ou vários gases, portáteis ou fixos, que podem ser acoplados ao seu computador. Não se exponha mais.**



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