

# Estacas versus água salgada

Marcelo Schultz

Conheça os segredos desta guerra declarada, as estratégias de ataque da água salgada, os caminhos da destruição das estacas de pontes e piers e as formas super eficientes de proteção contra a corrosão de armaduras e cordoalhas.

Toda estaca de concreto armado ou protendido, sujeita a variações do nível da maré, está exposta a cinco diferentes zonas corrosivas: a da atmosfera, do batimento das ondas, da variação da maré, a submersa e a enterrada. Cada uma confere comportamentos degradantes bem distintos.

A velocidade da corrosão que se instala, seja nas armaduras, nas cordoalhas de protensão ou em revestimentos metálicos depende exclusivamente da salinidade da água, da concentração de oxigênio dissolvido junto ao aço (este o principal fator) da temperatura da água, do seu pH, do teor de carbonatos, poluentes e dos organismos biológicos presentes. A velocidade com que o oxigênio chega à superfície do aço é determinada pela concentração, no local, em função da movimentação da água do mar, assim como do seu coeficiente de difusão e, claro, das características do filme passivante superficial proveniente dos produtos da corrosão que atuam como barreira à difusão do oxigênio.

## Barreira à corrosão?

A alcalinidade do concreto não cria a passividade no aço, apenas a mantém. O filme de óxidos e seu estado são os verdadeiros pais da criança, mas dependem da alcalinidade da pasta de cimento hidratada. O filme formado pelos produtos da corrosão na superfície do aço contém por óxidos, hidróxidos e sulfetos de ferro, depósitos calcários, lodo bac-

Situação de uma estaca protendida, de seção quadrada, com apenas 8 anos de idade. Perda de concreto e aço.

# Estaca X Água Salgada

Sabe a zona de variação da maré? Aquêles dois metros de água que sobe e desce? Corrosão, não é? Passam quatro ou cinco anos e a corrosão volta pior. É mais obra, é mais barreira passiva, é mais dinheiro. É bola fora.

**JAQUETA G** chama para si o jogo da corrosão do aço e faz o time de estacas ganhar o jogo. Em campo tão difícil para o concreto armado ou protendido, com **JAQUETA G** é bola dentro.

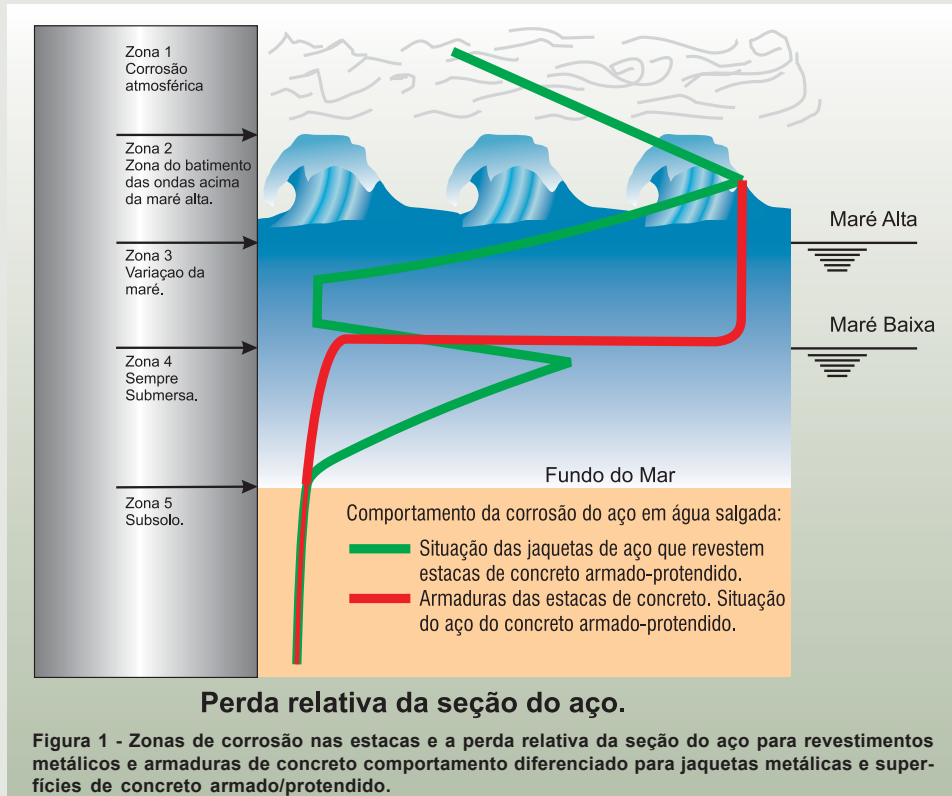
**JAQUETA G**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 02

teriano e espécies marinhas típicas. Nesta barreira física à difusão do oxigênio estão inseridas bactérias que também consomem o cambaleante oxigênio que consegue ultrapassar tal barreira, formando, adicionalmente, o que poderíamos chamar de “barreiras bioquímicas” limitando, praticamente, o acesso deste gás à superfície do aço. Em suma, poder-se-á obter uma verdadeira condição anaeróbica na superfície do aço que, no frígido dos ovos, inibe a corrosão pelo oxigênio, mas, literalmente, prepara a mesa para a atuação e o florescimento das

e lagoas poluídos por matéria orgânica, esgotos com muito sulfeto de hidrogênio, H<sub>2</sub>S, amônia, NH<sub>3</sub>, etc, que modificam de forma significativa a salinidade natural da água do mar. O perfil normal da corrosão da superfície do aço, seja na forma de jaquetas de aço que revestem estacas sejam em superfícies de concreto envolvendo armaduras ou cordoalhas, é evidenciado na figura 1 abaixo. O efeito da profundidade na corrosão dependerá do local. No entanto, o principal fator a ser considerado será a variação da

5 e 10, sem no entanto mudar o perfil de cloração da água. Uma coisa é certa. A atividade biológica é substancialmente modificada pela alta concentração de nutrientes gerando, normalmente, espessas camadas de depósitos nas estacas que, de certa forma diminuem o processo de corrosão típico de águas salgadas, devido à redução do oxigênio. Entra em cena a poluição característica de cada estuário, gerando dois tipos bem específicos:



bactérias redutoras de sulfatos (BRS) acelerarem a corrosão. Esta última proposição é particularmente verdadeira e intensa em nossas costas, devido ao deságüe de rios

concentração de oxigênio dissolvido e a presença de atividade bacteriana.

**A água do mar poluída**

Água do mar poluída não é novidade entre nós. Nossas costas são verdadeiras lixeiras para esgotos domiciliares, comerciais e industriais. O principal efeito sobre a água do mar é uma explosiva combinação de baixo teor de oxigênio, o qual acarreta o abaixamento automático do pH, juntamente com uma crescente presença de íons sulfetos e/ou amônia. Entra em cena a água salobra, muito comum em estuários, zona costeira onde rios ou lagoas desembocam, caracterizada por baixa concentração iônica e baixa condutividade elétrica. Com esta diluição poder-se-á encontrar salinidades entre

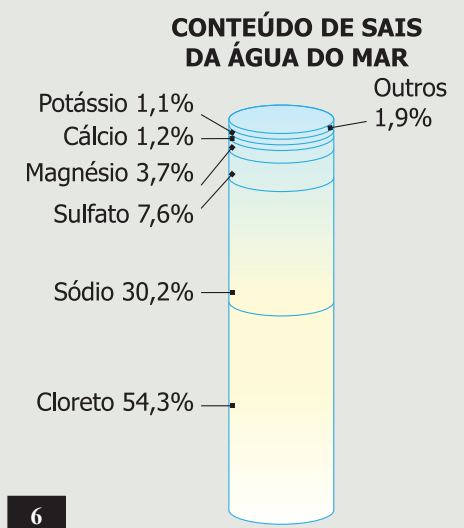
1 Esgotos { industrial agricultura doméstico

Íons de metais pesados

Nutrientes com fosfatos e nitratos

Matéria orgânica dissolvida

2 Outras substâncias provenientes de processos biológicos e bacteriológicos desenvolvidos durante e após a diluição com os componentes da água do mar.



**GLOSSÁRIO**

**Cloreto de potássio (KCl)** – sal de potássio. É encontrado na natureza sob a forma de silvina e associado ao MgCl, na forma de carnalita.

**Halogenetos ou haletos** – designação genérica dos sais cloretos, fluoretos, brometos e iodetos.

**Silvina** – cloreto natural de potássio, um dos minérios mais importantes do potássio.

**Água doce** – aquela que não contém sal, como a água da chuva, de rios, lagos e fontes.

**Água salobra** – com gosto um pouco salgado. Água de gosto desagradável pela presença de sais com concentração entre 0,5 e 0,30 gramas/litro ou outras substâncias que a fazem desagradável, embora com salinidade inferior à da água do mar.

**Amônia** – é o gás amoníaco, NH<sub>3</sub> ou seu hidróxido NH<sub>4</sub>OH o qual existe na solução aquosa do gás. Sais como os cloretos, iodetos e nitratos assim como cristais cálcicos encontram nesta solução um excelente solvente. A amônia combina-se com o cloro.

**Salinidade** – medida da quantidade de sais dissolvidos na água do mar. Atualmente, é determinada pela medida de sua condutividade elétrica que, geralmente, varia de 32 a 35.

Em resumo, para se avaliar a qualidade da água do mar basta medir sua salinidade, teor de cloretos, pH (que varia de 7,5 a 8,3) e a presença de oxigênio. No caso de água do mar constatadamente poluída, tornam-se necessários dados adicionais como concen-

oxigênio em sua superfície. Revestimentos de aço ou armaduras de estacas existentes em regiões onde a maré é freqüentemente calma, própria de locais protegidos, limitam o teor de oxigênio e a temperatura de água. Neste ambiente o aço corrói a uma veloci-

### Protegendo as estacas da corrosão

O pronunciado ataque da corrosão na zona de variação da maré ocorre, principalmente, durante o período de exposição atmosférica desta região da estaca. Nesta situação, para as estacas cobertas com revestimento de aço perdura, após a maré alta, um fino filme de água salgada saturada de oxigênio. Para as estacas de concreto armado-protendido sem esta camisa de força metálica, quer dizer, com o concreto de peito aberto à molhação, fica uma camada de recobrimento encharcada de água salgada com bastante oxigênio, assegurando uma frente de corrosão bem mais pronunciada.

A zona do splash das ondas, imediatamente acima, fica todo o tempo submetida a estas condições, razão pela qual evidencia-se aquela brusca e crescente mudança típica (veja gráfico da figura 1 na página 6). Faz parte do jogo. Nesta zona a corrosão se faz em ritmo de Ferrari em sexta marcha. A zona de variação da maré, regada por seu ciclo de dupla exposição ora funciona como anodo ora como catodo para as regiões adjacentes. A moeda de troca é a polarização catódica bombeada sempre pelo maior fluxo de oxigênio. Qualquer "proteção" por barreira passiva que se interponha entre a água salgada e a superfície do aço ficará submetida aos cruéis fatores influenciadores da corrosão galvânica, ou seja, aos terríveis efeitos das áreas (anódica-catódica) e da distância

### Estacas de pontes e piers marítimos velocidade da corrosão pelo mundo

Local	Velocidade de corrosão (mm/ano) caracterizada pela perda de seção do aço	
	Zona de batimento das ondas (splash)	Zona imersa
Estuário no Reino Unido	0,20	0,08
Baía de Tóquio	0,5	0,01(PC)
Portos no Reino Unido	0,18	0,14
Holanda	0,18	0,06
Chipre	0,21	0,11
Emirados	0,22	0,12
Aeroporto de La Guardia (Nova York)	0,15	0,025(PC)
MEDIA	0,23	0,10
VARIAÇÃO	0,15 a 0,50	0,06 a 0,12

PC = com proteção catódica.

tração de íons de metais pesados (como o mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio etc), sulfetos, amônia, demanda de oxigênio, número total de bactérias e o valor do carbono orgânico total.

### O aço no lugar errado

Efetivamente, não é um bom local para o aço, material bastante reativo, se enfriar. A corrosão que se desenvolve no aço, quando em presença de água salgada, é controlada essencialmente pela disponibilidade de

Temperatura °C	Salinidade					
	0	8	16	24	31	36
15	7,05	6,72	6,40	6,10	5,83	5,65
20	6,35	6,07	5,79	5,52	5,29	5,14
25	5,77	5,52	5,27	5,04	4,84	4,70
30	5,28	5,06	4,84	4,63	4,45	4,33

dade de 0,1 a 0,2 milímetros por ano. À medida que a velocidade da água aumenta, o fluxo de oxigênio na superfície do aço cresce enormemente, podendo-se obter velocidades de corrosão 100 vezes superiores.

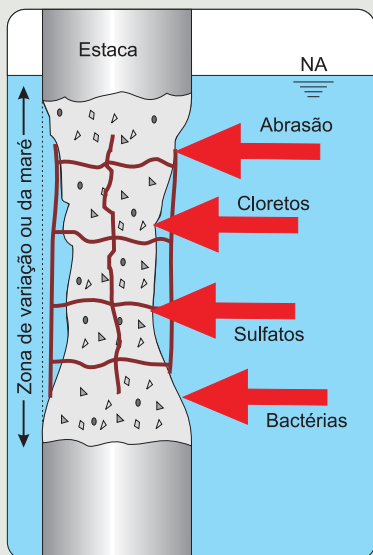


Figura 2 - Processo de degradação via corrosão do concreto/armaduras pela água salgada.

## Será que sua estrutura passa no teste de corrosão?

- SIM  NÃO  
 Você está realmente interessado em tratar a corrosão na sua estrutura?
- SIM  NÃO  
 Será que sua estrutura apresenta potenciais de corrosão?
- SIM  NÃO  
 Após a recuperação, quais são os potenciais de corrosão existentes?
- SIM  NÃO  
 Será que você neutralizou a corrosão?



Agora está mais fácil checar a corrosão nas estruturas de concreto armado-protendido. Com o LÁPIS SEMI-PILHA CPV4 e um simples voltímetro tudo fica mais prático e rápido. Por apenas R\$ 410,00 você fica sabendo de tudo o que está acontecendo com sua estrutura. É quanto custa o LÁPIS SEMI-PILHA CPV4. Nunca foi tão fácil ter respostas tão complexas.

**LÁPIS SEMI-PILHA CPV4**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 2493-6862  
 fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 03



**Figura 3 - Presença insipiente de corrosão na estaca. Solução simples de interrupção da corrosão com JAQUETA G, utilizando-se MALHA GALVÂNICA G e chapas plásticas de polietileno fixadas com anéis de aço inox.**

Existem duas opções para a interrupção do processo de corrosão em estacas de concreto armado-protendido já existentes: a JAQUETA G e a JAQUETA AG.

### Jaqueta G

Trata-se de um sistema de proteção catódica extremamente prático em que a jaqueta é fornecida pronta para o uso. O sistema convencional consiste em duas bandas que formam a jaqueta, em estrutura de fibra de vidro no qual é acoplada a MALHA GALVÂNICA G. De acordo com as dimensões e geometria da estaca, seja ela de seção redonda ou quadrada, é fornecida sem qualquer dificuldade para instalação, bastando fixar a primeira banda e, a seguir, encaixar a segunda, acoplando-as através de um sistema macho-fêmea. A

(proximidades entre aquelas áreas). A solução é utilizar a proteção catódica com interrupção de uma barreira inteligente, quer dizer, ativa, que chame para si a corrosão.

seguir, preenche-se o espaço anelar de 5cm entre a JAQUETA G e a superfície da estaca com concreto, utilizando-se brita zero e fumo de sílica.

Quando houver necessidade de reposição da armadura na estaca, acopla-se a JAQUETA G nesta armadura e concretiza-se. Sua região inferior é fechada para garantir o preenchimento da concretagem. O cabo elétrico, que liga a MALHA GALVÂNICA G à armadura, é conduzido para um local acima onde, em sua caixa plástica faz-se a ligação com a armadura. Uma vez concretada e ligada, automaticamente interrompe-se a corrosão nas armaduras. O sistema de alimentação é, naturalmente, auto-regulável, ou seja, quanto maior a quantidade de água salgada no interior do concreto maior a proteção. Virtualmente, não necessita de manutenção. A caixa de passagem, no entanto, permite que se verifique ou monitore o nível de proteção de acordo com a situação de cada dia da maré sobre as estacas. A ESTACA G pode ser instalada apenas com placas plásticas de polietileno protegendo a MALHA GALVÂNICA G.

### JAQUETA AG

Esta modalidade de proteção catódica é adequada à interrupção da corrosão em estacas metálicas ou em “camisas” metálicas que revestem estacas de concreto armado-protendido. A JAQUETA AG é formada pelo envolvimento da estaca com



**Figura 4 - Ponte com inúmeras estacas de concreto armado com alto nível de corrosão em suas armaduras. A instalação da JAQUETA G com MALHA GALVÂNICA G previamente aderida na própria fibra de vidro.**



## Dúvidas ao lidar com corrosão?

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

**CONSUL-CORR**

Especialistas em corrosão.

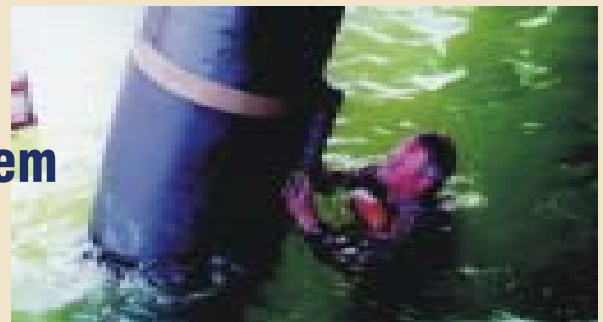
**Tele-atendimento**  
(0XX21) 2493-6862  
**fax** (0XX21) 2493-5553  
**produtos@recuperar.com.br**  
**Fax consulta nº 04**

# Estacas Encamisadas com Aço? A Melhor Proteção é com JAQUETA AG.



Proteção anti-  
corrosão para  
estacas  
metálicas,  
estacas de  
plataformas de  
petróleo,  
tubulações e  
muito mais.

## **JAQUETA AG** Anti-Corrosion Protection System for Steel Piles and Pipes

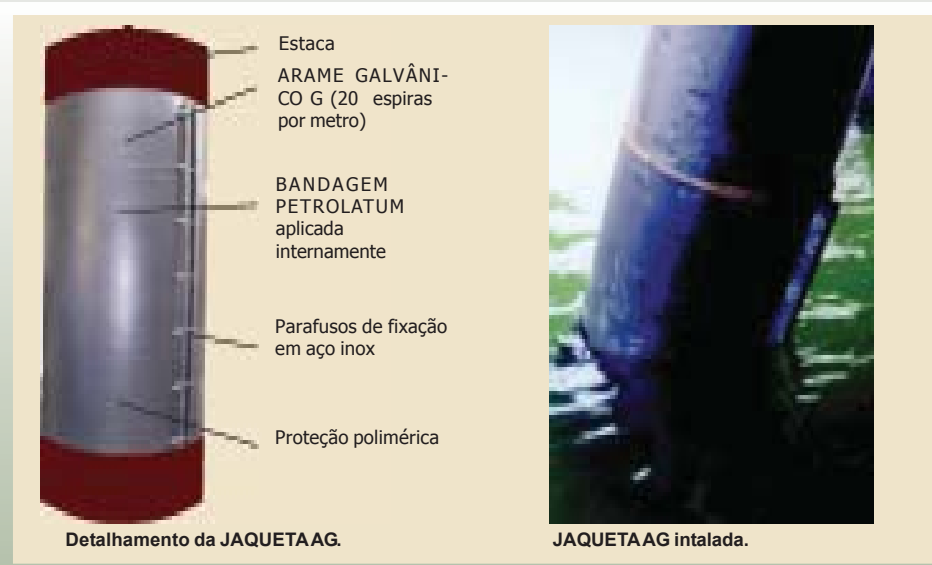


### **Vantagens:**

- Preparação mínima das superfícies.
- Instalação rápida e fácil.
- Pode ser aplicada debaixo d'água.
- 20 anos efetivos de garantia.
- Alta resistência a impactos e a ambientes agressivos.
- Ausência de manutenção.

**JAQUETA AG**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 05



ARAME GALVÂNICO G seguido da BANDAGEM PETROLATUM, auto aderente, com agente desidratante higroscópico, inibidor de corrosão e biocida, possibilitando

sua aplicação mesmo na condição submersa, seguindo-se de uma “camisa” polimérica de proteção mecânica auto-ajustável. As vantagens da JAQUETAAG são inúmeras, garantindo uma durabilidade superior a 20 anos, conforme centenas de aplicações em todo mundo.

Sua alta performance é garantida pelas seguintes características:

- Resistente à ação mecânica das ondas e da variação da maré.
- Permite aplicação mesmo debaixo d’água.
- Desloca a água da superfície do aço.
- Adequa-se, impregnando pits de corrosão existentes, obturando o acesso do oxigênio e de bactérias.

#### GLOSSÁRIO

**Éster** – substância orgânica obtida pela condensação de álcool com um ácido carboxílico, com eliminação da água.

**Sabão** – é, basicamente, um sal alcalino de um ácido graxo.

**Higroscópio** – que tem tendência a absorver a umidade ou a água. Que tem afinidade com a água e favorece sua condução.

**Saponificação** – no sentido escrito é a formação de sabões pelo tratamento de ácidos graxos pela lixiviação do carbonato de sódio (soda). No sentido lato, cisão hidrolítica de ésteres.

- É resistente à água salgada, impedindo a saponificação ou emulsificação. Neutraliza os sais existentes na superfície do aço.
- Extremamente resistente a ações microbiológicas.
- Proteção catódica adicional dando longevidade à estaca.

#### Fax consulta n° 06



#### RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

#### REFERÊNCIAS

- **Marcelo Schultz** é engenheiro elétrico, especialista em corrosão.
- W.D. Parker, W.H. Yeigh, “Petrolatum Coated Tapes for Marine Use.”
- A.G. Logan, “Splash Zones Protection Anti-corrosion Tape Systems,” U.K. National Corrosion Conference.
- M.F. Bird, H.M. Smith, C.V. Bowley, “Protection of Offshore Structure Against Corrosion.”
- V. Chaker, D. Lindemuth, “The State of the Art Corrosion Protection of Marine Piles.”
- C. Bowley, “Petrolatum Tape Protection of Pipes Against Marine Corrosion,” U.K.
- R.E. Lye, “Splash Zone Protection on Offshore Platforms – A Norwegian Operator’s Experience.”

## TUBOS PROTEGEM O AMBIENTE...

Tubulações em concreto armado/protendido conduzem fluidos de toda a espécie, invariavelmente agressivos, às armaduras ou fios protendidos. Assim, é só uma questão de tempo para surgirem vazamentos, prejuízos, contaminação ambiental e paralisação do sistema. Proteção Catódica é a única solução eficaz no tratamento da corrosão de armaduras, fios e cabos de protensão. TERRA ANODO G (TAG) garante sua estrutura de forma clara e monitorada, sem qualquer chance para a corrosão, conduza a tubulação qualquer tipo de “líquido”. Se você estiver projetando tubulações enterradas ou se já estiver com um abacaxi nas mãos, ponha tecnologia em seus serviços. TERRA-ANODO G. Damos total assessoria técnica. Entre você também nesta cruzada.

## ... E QUEM PROTEGE OS TUBOS?

#### TERRA ANODO G (TAG)

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-4702  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta n° 07



# Os segredos e os

**Michelle Batista**

Conheça o poder da água através de sua química e controle todos os problemas pertinentes.

A água, fundamental à vida, possui propriedades que a distinguem de tudo. Uma delas é a sua capacidade de dissolver toda e qualquer matéria presente na crosta terrestre ou na atmosfera. Claro que até um certo grau. Mas isto é suficiente para entender que esta capacidade de solvência a torna recheada de impurezas. Muitas das vezes prejudiciais ao consumo e à utilização na área civil e industrial. A contaminação crescente do solo e do ar é uma triste realidade presente em nossas cidades, o que complica ainda mais a situação da água. Literalmente, um terreno minado. De fato, a água é uma substância muito complexa. Por ser esse excelente solvente que conhecemos, até hoje ninguém pôde vê-la em estado de absoluta pureza. Quimicamente, sabe-se que mesmo sem impurezas, a água é a mistura de 33 substâncias distintas. Só como curiosidade, a Organização Mundial de Saúde nos diz que 80% de todas as doenças que se alastram em países como o nosso são provenientes da água de má qualidade.

Agora, e o concreto e os equipamentos industriais feitos invariavelmente de aço reativo à água? Que água? A avaliação da qualidade da água não pode ser feita com base em uma única análise. Não só porque suas características são variáveis com o tempo, mas também porque as análises estão sujeitas a flutuações e erros.

## Adequando a água

O tratamento da água é feito para adequá-la a várias finalidades.

### Objetivo do tratamento

- **Higiénico** – remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros organismos, de substâncias venenosas ou nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos.
- **Estético** – correção de cor, odor e sabor.
- **Econômico** – redução de corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro, manganês, odor e sabor.



# mistérios da água.



Visão de uma seção de uma tubulação de aço carbono, de uma ETA de apenas 18 meses, coberta por tubérculos e produtos da corrosão desenvolvida pela bactéria oxidante do ferro, a galionela sp.

## Importantes constituintes da água

<b>Gases dissolvidos</b>	Oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono (gás carbônico), amônia e gases sulfurosos.
<b>Minerais</b>	Caracterizados por substâncias salinas, que lhe conferem dureza, como os sais de sódio (cloreto de sódio, sulfato de sódio, nitrato de sódio, bicarbonato de sódio etc), sais de cálcio etc.
<b>Materia orgânica</b>	De origem animal e vegetal. Óleos, substâncias químicas empregadas na indústria ou na agricultura e detergentes sintéticos.
<b>Formas microbiológicas</b>	Vários tipos de algas, bactérias formadoras do limo etc.

## Eluma adverte que tubos correm riscos de corrosão

### MP diz que em 45 dias a informação deverá estar nas revendedoras.

O Ministério Público do Rio (MP) assinou um termo de ajustamento de conduta com a Eluma S.A. Indústria e Comércio, no qual a empresa se compromete a redigir um texto, em negrito, nos seguintes termos: "Na cidade do Rio de Janeiro já foram relatados casos de corrosão em tubos de cobre, decorrentes das características agressivas da água do sistema público de abastecimento, e bem assim da mistura de materiais (cobre x ferro) em instalações hidráulicas". Esta informação deverá constar em todo o material publicitário dos tubos de cobre fabricados pela Eluma.

Ricardo Waizbord e Ada Maria de Barcelos Alves fizeram uma obra e trocaram todos os canos da casa. Optaram pela Eluma Paranapanema, confiando na propaganda que dizia que seus canos "eram para sempre". No entanto, sete anos depois, o apartamento começou a apresentar vazamento em vários lugares. O casal denunciou a empresa e o Ministério Público abriu uma investigação civil.

— Todas as revendedoras deverão receber os novos folhetos publicitários em 45 dias. Se houver descumprimento deste acordo, a empresa pode ser multada em R\$ 5 mil por ocorrência — explica o promotor Rodrigo Terra, da Promotoria de Defesa do Consumidor do Ministério Público Estadual.

Jornal O GLOBO - 10/12/03

## Alguns tipos de tratamentos

- **Aeração** – por gravidade, por aspersão, por outros processos (difusão de ar e aeração forçada).
- **Sedimentação ou decantação** – simples; após a coagulação.
- **Coagulação** – aplicação de coagulantes (sulfato de alumínio ou compostos de ferro) e substâncias auxiliares.
- **Filtração** – lenta, rápida, em leito de contato, superfiltração.
- **Tratamento por contato** – leitos de coque, de pedra ou de pedriscos para remoção do ferro; carvão ativado para remoção de odor e sabor.
- **Correção da dureza** – processos da cal-carbonato de sódio e dos zeólitos (troca iônica).
- **Desinfecção** – cloro e seus compostos (hipocloritos, cal clorada), ozona, raios ultravioletas e outros processos.

- **Sabor e odor** – uso do carvão ativado; substituição do processo de cloração (emprego da amoniacloação, do dióxido de cloro e cloração ao "break-point").
- **Controle da corrosão** – cal, carbonato de sódio, metafosfato, silicato e outros.

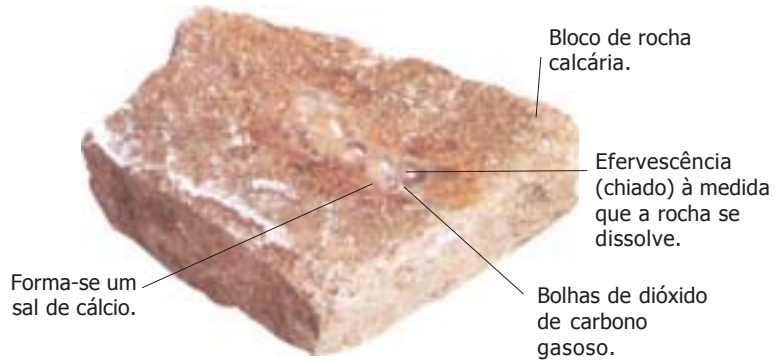
É interessante observar que o oxigênio dissolvido, o principal gás presente na água, é o primeiro da lista dos responsáveis pelo prejuízo da substituição anual de milhares de metros de tubulações de aço no mundo, motivado pela corrosão.

## Características químicas da água

Temos que entender que as concentrações das várias substâncias que a água incorpora são tipicamente diminutas, mas variam con-

## Ácido sobre o calcário

Calcário é uma forma de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ . Ele é dissolvido em ácido para formar sal de cálcio. Durante a reação há evolução de dióxido de carbono. Os geólogos, às vezes, usam esse recurso como teste para identificar rochas formadas por carbonatos.



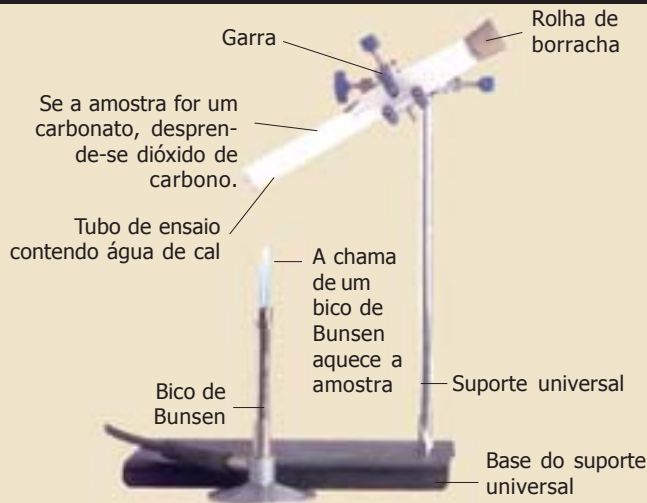
os bicarbonatos, principais responsáveis pela alcalinidade. É uma das características mais importantes para o controle da água, pois está relacionada com a redução da dureza e prevenção da corrosão. Os íons causadores da alcalinidade são todos básicos e, assim, capazes de reagir com ácidos presentes. A fenolftaleína, que já conhecemos, é um bom indicador da alcalinidade. Podemos identifi-

car quatro tipos de alcalinidade na água, em função do seu pH. Veja quadro abaixo:

pH		Tipos de alcalinidade
3,0	4,6	Por ácidos minerais
4,6	8,3	Por bicarbonatos
8,3	9,4	Por bicarbonatos e carbonatos
9,4	11,0	Por hidróxidos e carbonatos

A alcalinidade é, geralmente, expressa em termos de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ .

## Teste para carbonato



Carbonato é um composto contendo o grupo carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Em solução contém  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Quando aquecidos, esses grupos liberam dióxido de carbono gasoso, que pode ser identificado através do borbulhamento em água de cal (uma solução de hidróxido de cálcio).

## GLOSSÁRIO

**Concentração** – medida que expressa a relação entre a massa do soluto e o volume total de uma solução.

**Soluto** – substância dissolvida em um solvente como a água. Sua concentração não pode crescer muito sem provocar o aparecimento de uma fase nova no sistema.

**Suspensão** – sistema de partículas sólidas que flutuam na água ou num outro fluido, sem que nele se dissolvam. É um sistema de partículas instável e grosseiro. A emulsão, por sua vez, é um sistema de partículas bem estável.

**Solução** – líquido que contém duas ou mais substâncias dissolvidas. Dissolução. Sistema homogêneo com mais de um componente.

**Dióxido de carbono** – gás carbônico. Sua fórmula é o  $\text{CO}_2$  e é um dos constituintes do ar, entrando com cerca de 0,03% em volume apenas, mas desempenhando função vital para a vida. É eliminado também em nossa expiração e na combustão de materiais orgânicos pelo fogo.

**Íon** – um átomo ou grupo de átomos que ganharam ou perderam um ou mais elétrons (da camada externa ou de valência), passando a carregar uma carga elétrica.

**Fenolftaleína** – é um dos principais indicadores de ácidos e bases. É um pó cristalino, que forma solução incolor em meio ácido ou neutro, porém cora-se de vermelho intenso em meio alcalino a partir do pH 8 ou 9. O tornassol, outro indicador, forma solução rosa em meio ácido e oferece tom azul em meio alcalino.

**Base** – substância que, em solução aquosa, fornece íon hidroxila  $\text{OH}^-$ . É considerada o oposto do ácido, porque ambos tendem a neutralizar-se originando os sais. Uma das principais bases é a soda cáustica ou hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ .

**Ácido carbônico** – ácido muito fraco,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que convive juntamente com o dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  em soluções aquosas ricas em  $\text{CO}_2$ .

sideravelmente. Se desejarmos consumir a água, necessitamos ter exames bacteriológicos. Agora se quisermos utilizá-la em qualquer processo, seja num concreto, numa indústria etc, torna-se interessante uma análise mineral. Basicamente, seus mais importantes constituintes são os seguintes:

### Alcalinidade

Deve-se à presença dos bicarbonatos,  $\text{HCO}_3^{-1}$ , carbonatos,  $\text{CO}_3^{-2}$ , ou hidróxidos,  $\text{OH}^{-1}$ . O dióxido de carbono, presente na água, ao passar por rochas calcárias produz

## Análise da água?



O AQUAFAST é o mais moderno kit para análise de água potável, residual, efluentes ou esgotos. É composto por medidores portáteis, um calorímetro, eletrodos e reagentes, possibilitando, no campo, a análise de qualquer amostra de líquido, informando a presença de amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitratos, sulfetos, cloro, fluoretos, cianetos, obtenção da condutividade e o pH.



Com as tiras AQUAFAST você analisa qualquer amostra d'água, obtendo seu pH, a maioria de seus íons (cloro, ferro, cobre, peróxidos, nitratos, nitritos) e indicadores da qualidade da água (dureza total). Resultados em segundos. É só molhar a tira e comparar a cor na tabela de cores do produto.

### ANÁLISE DA ÁGUA

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 16

### Acidez (dióxido de carbono livre)

Também é expressa em termos de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , e está relacionada à presença do dióxido de carbono na água que, naturalmente, diminui o pH ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Em muitos casos, torna-se necessário adicionar um alcalinizante (um hidróxido) para manter a estabilidade do carbonato de cálcio e, assim, minimizar a corrosão.

### Dureza

São os íons metálicos, principalmente os de cálcio,  $\text{Ca}^{+2}$ , magnésio,  $\text{Mg}^{+2}$ , e ferrosos,  $\text{Fe}^{+2}$ , os chamados íons da dureza, que conferem esta característica à água. As águas duras dificultam a corrosão do ferro e dificilmente fazem espuma com sabão ou detergentes, já que depositam ou precipitam espontaneamente sais de cálcio e magnésio. No entanto, os íons cloretos,  $\text{Cl}^-$ , e sulfatos,  $\text{SO}_4^{-2}$ , jogam no time contrário e aumentam qualquer processo de corrosão. Também é expressa em termos de

$\text{CaCO}_3$ . As águas podem ser classificadas de acordo com seus graus de dureza em:

Tipo de água	Grau de dureza (Brasil)
Mole	Dureza inferior a 50mg/l em $\text{CaCO}_3$
Dureza moderada	Dureza entre 50 e 150mg/l em $\text{CaCO}_3$
Dura	Dureza entre 150 e 300mg/l em $\text{CaCO}_3$
Muito dura	Dureza superior a 300mg/l em $\text{CaCO}_3$

### Ferro

O ferro confere à água um sabor amargo, adstringente, ou seja, provoca uma constrição na mucosa. Apresenta coloração amarelada e amarronsada, decorrente da sua precipitação quando oxidado. Certos sais férricos e ferrosos como os cloretos do ferro são bastante solúveis nas águas. O limite aceitável é de 0,3mg/l.

### Cloretos e sulfatos

Estes sais, além dos bicarbonatos, podem conferir à água sabor salino. O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos nas águas naturais. Seu limite máximo desejável é de 200mg/l. É comum encontrar-se concentrações de cloretos superiores a 1000mg/l, o que é péssimo.



Carbonato de cálcio  $\text{CaCO}_3$



Óxido de ferro (II)  $\text{Fe}^{+2}$

### GLOSSÁRIO

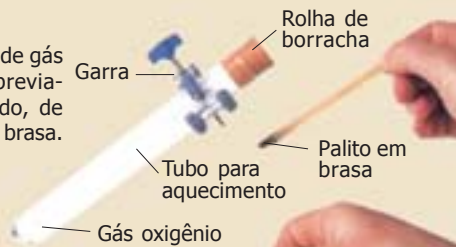
**Titulação** – é a transferência de uma quantidade de uma solução de concentração conhecida para uma solução de concentração desconhecida, como objetivo de determinar a concentração da segunda através da reação entre as espécies.

O íon sulfato, presente na água, costuma estar associado aos íons cálcio e magnésio, promovendo dureza permanente. É também um indicador de poluição. Numerosas águas residuais industriais aparecem carregadas de sulfatos. Considera-se um limite de 500mg/l. Efetivamente são os mais visados, pois têm atuação extremamente importante na corrosão dos aços, aumentando substancialmente a condutividade elétrica da água e, naturalmente, as correntes de corrosão. Tem a particularidade de reduzir ou quebrar a efetividade dos filmes de proteção sobre o aço (passividade). Nitratos e sulfatos são seus colegas nesta empreitada bandida. Os sulfatos, adicionalmente, atacam ferozmente o concreto e participam, de forma freqüente, da corrosão bacteriológica, quando falta oxigênio.

### Teste para oxigênio

#### Oxigênio Gasoso

Sela-se um tubo cheio de gás oxigênio. Um palito previamente aceso é apagado, de modo a ficar ainda em brasa.



#### Reacendimento do palito

O palito em brasa (acima) reacende-se com o oxigênio. Queima, ou combustão, é definida como a rápida combinação de uma substância com o oxigênio. Ela é uma reação redox.



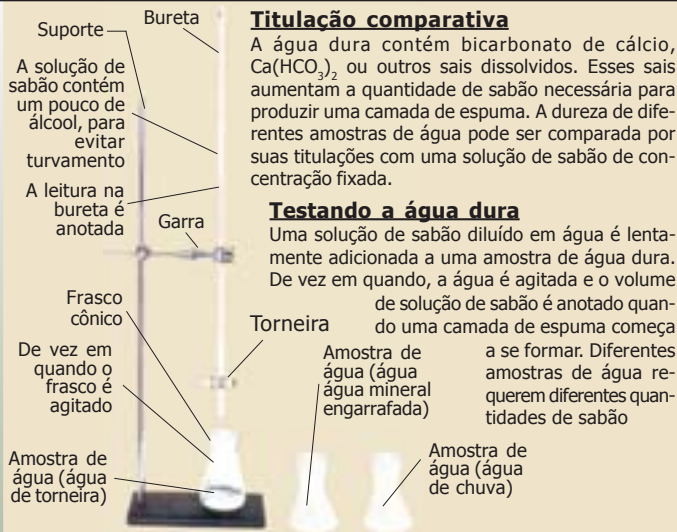
### Teste para dureza da água

#### Titulação comparativa

A água dura contém bicarbonato de cálcio,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ou outros sais dissolvidos. Esses sais aumentam a quantidade de sabão necessária para produzir uma camada de espuma. A dureza de diferentes amostras de água pode ser comparada por suas titulações com uma solução de sabão de concentração fixada.

#### Testando a água dura

Uma solução de sabão diluído em água é lentamente adicionada a uma amostra de água dura. De vez em quando, a água é agitada e o volume de solução de sabão é anotado quando uma camada de espuma começa a se formar. Diferentes amostras de água requerem diferentes quantidades de sabão.



## LÁPIS MEDIDOR DE pH

Este lápis mede facilmente o pH de qualquer superfície.

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

### Oxigênio dissolvido

É um dos testes mais importantes no controle da qualidade da água. A quantidade de oxigênio que a água pode conter é pequena, devido à sua baixa solubilidade (9,1mg/litro a 20°C). Sua presença na água, geralmente bem acompanhado do dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, é fundamental para o desenvolvimento da corrosão do aço.

### Demanda de oxigênio

A maioria das substâncias orgânicas são instáveis e podem ser oxidadas, tanto biológica quanto quimicamente pela presença do oxigênio, em substâncias estáveis como o próprio dióxido de carbono gasoso, CO<sub>2</sub>, em nitratos sólidos, NO<sub>3</sub> e hidrogênio gasoso, H<sub>2</sub>. Logo, a matéria orgânica tem uma certa necessidade de oxigênio, denominada demanda, que pode ser:

- Demanda bioquímica de oxigênio, DBO, quantidade necessária ao metabolismo das bactérias aeróbicas que destroem a matéria orgânica.
- Demanda química de oxigênio, DQO, que permite a avaliação da carga de poluição de esgotos domésticos ou industriais, necessário para sua total oxidação em CO<sub>2</sub> e água.

### GLOSSÁRIO

**Sulfatos** – sal derivado do ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O sulfato de cálcio, ou gesso, é o mais conhecido.  
**Sulfeto** – substância decorrente do enxofre.

### Metais pesados

Nada a ver com música, mas sim com uma classe de elementos químicos venenosos para nós, humanos. Costumam aparecer na água na forma de traços. São extremamente tóxicos pois tendem a se acumular no nosso organismo.

- Arsênio, proveniente da combustão dos carros e de descargas industriais.
- Cádmio, cromo e cobre, provenientes da corrosão de ligas.
- Chumbo, da gasolina e de tintas.
- Mercúrio, de descargas industriais.

### Inseticidas, herbicidas e PAHs

Com frequência, encontra-se na água substâncias organocloradas extremamente tóxicas, persistentes e com grande capacidade de bioacumulação, devido a aplicação de pesticidas. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) são um grupo de poluentes tóxicos e cancerígenos. Detectam-se altos níveis em fábricas que trabalham com coal-tars (alcatrão do petróleo), em indústrias que trabalham com o refino de petróleo, cimentos asfálticos e solventes. A própria fuligem que encontramos em nossa vida diária é um PAH.

### Água do mar

A concentração total de íons na água do mar é muito mais elevada do que em água doce, já que contém grandes quantidades de sais dissolvidos. As espécies predomi-

nantes na água do mar são os íons sódio e cloreto, seguido da presença dos íons Mg<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e quantidades menores de muitos outros íons. Quando a água do mar evapora, gradualmente, o primeiro sal que precipita é CaCO<sub>3</sub> (presente na proporção de 0,12g/L), seguidos dos CaSO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O (1,75g/L), NaCl (29,7g/L), MgSO<sub>4</sub> (2,48g/L), MgCl<sub>2</sub> (3,32g/L), NaBr (0,55g/L) e, finalmente, KCl (0,53g/L). Assim, o sal marinho é uma mistura de todos esses sais. Como resultado, principalmente pela existência do equilíbrio CO<sub>2</sub>/bicarbonato/carbonato previamente discutido para água doce, o pH médio da água da superfície do oceano é de cerca de 8,1. A água do mar possui um baixo conteúdo orgânico quando não contaminada, sendo seu valor de DQO aproximadamente 1 miligrama por litro.

### e-mail consulta n° 18



**REGUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análises.

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

### REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química e especialista em problemas da construção.
- Walker R. "Water Supply. Treatment and Distributor."
- Mara, D.D. "Bacteriology for Sanitary Engineers"
- Fair, G.M. Gever. "Water and Wastewater Engineering".

## Quer conhecer o poder da água?



Em ETAs



Barragens

e muito mais.

# Stik

Tele-atendimento  
 (0XX21) 2493-6740  
 fax (0XX21) 2493-5553  
[produtos@recuperar.com.br](mailto:produtos@recuperar.com.br)  
 Fax consulta n° 19

Com o revolucionário STIK você mede na hora o poder oxidante (POX) da água ou de qualquer solução, assim como seu pH, temperatura, condutividade e o teor de cloro. Águas ou soluções com baixo POX corroem facilmente tubulações, o concreto e suas armaduras. POX é uma propriedade inerente a qualquer tipo d'água ou solução. O medidor STIK analisa a água em qualquer situação. É ideal, também, para quem trabalha em estações de tratamento de água, esgoto, barragens, fundações etc. Conheça hoje mesmo este revolucionário instrumento.

# Segredos da corrosão VI



## Checando o funcionamento dos anodos de sacrifício no concreto.

Conheça o real comportamento de dois tipos comuns de proteção catódica para o concreto armado, com monitoramento por computador 24 horas por dia.



**Joaquim Rodrigues**

Indiscutivelmente o único sistema que interrompe a corrosão no concreto armado é a proteção catódica com anodos de sacrifício (AS). Ao contrário dos sistemas convencionais de tratamento da corrosão com limpeza da armadura e aplicação de massinhas poliméricas inibidoras, grouts, epóxis ou epóxis ricos em zinco, que interferem de maneira danosa, aumentando ainda mais o processo corrosivo na estrutura (RECUPE-RAR nº 33, 37, 42, 44, 46, 47, 48 e 53), os AS atuam instantaneamente, modificando potenciais anódicos para catódicos, com direito a teste de São Tomé e monitoramento. O resultado é o domínio absoluto da corro-

são na estrutura, apagando de vez aquela estória parecida com “o que se conhece não é o que acontece ou o que acontece não é o que se conhece”.

### O fio da meada

Armaduras e cabos de protensão não são passivados pelo ambiente alcalino do concreto. A passivação é obtida naturalmente pela película de óxidos formada na superfície do aço, quando de sua fabricação. A alcalinidade do concreto, portanto, não cria a passividade, apenas toma conta dela. O estado deste filme de óxidos dependerá to-

talmente do clima alcalino que a pasta de cimento hidratado ou matriz cimentícia promove. Ocorre que, devido ao seu processo de cura, concretos são mais ou menos permeáveis, consoante com uma série de vari-

*Continua na pág. 20*

### GLOSSÁRIO

**Hidrofilia** – propriedade molecular resultante da forte afinidade entre os grupos moleculares da matriz cimentícia e a água. Propriedade da matriz cimentícia de absorver e reter água.

**Passivação** – redução da velocidade da reação anódica do aço submetido a corrosão.

**Alcalino** – relativo aos álcalis e aos metais alcalinos monovalentes como sódio, potássio e lítio, cuja oxidação fornece o álcalis.



VARA GALVÂNICA G  
(VARA G)  
IMAGINE TODAS AS  
VANTAGENS DA PASTILHA  
GALVÂNICA. MULTIPLIQUE  
POR DOIS, O PREÇO?  
DIVIDA POR DOIS.  
CONCRETO ARMADO  
SEM CORROSÃO LOCALIZADA.

# VARA GALVÂNICA



## **VARA G**

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

áveis que fazem parte de sua dosagem. Esta permeabilidade aliada à hidrofília amoitada no ventre da matriz cimentícia deixa, no entanto, a porta aberta à penetração de gases corrosivos e água, sabe Deus acompanhado de quem. É aí que mora o perigo pois, chegando na superfície do aço, quebram o santo filme de óxidos que passivam a superfície, desencadeando processos de corrosão generalizados ou localizados. Com um agravante: a perpetuação do ataque devido à contaminação da matriz cimentícia que interfere diretamente no estado alcalino da matriz cimentícia.

**GLOSSÁRIO**

**Anodo de sacrifício** – um metal ou liga metálica menos nobre do que o aço da construção e que sofre corrosão galvânica ao ser ligado ao aço.

**Resistor** – componente elétrico que introduz resistência num circuito. Sua resistência é convencionalmente indicada por um código de cores. Sua função é controlar a corrente que passa pelo fio.

**Resistor shunt** – resistor de precisão que se coloca paralelo a um circuito, com a função de desviar a fração conhecida da corrente, permitindo sua medição com um amperímetro (  $\text{Ø}$  ).

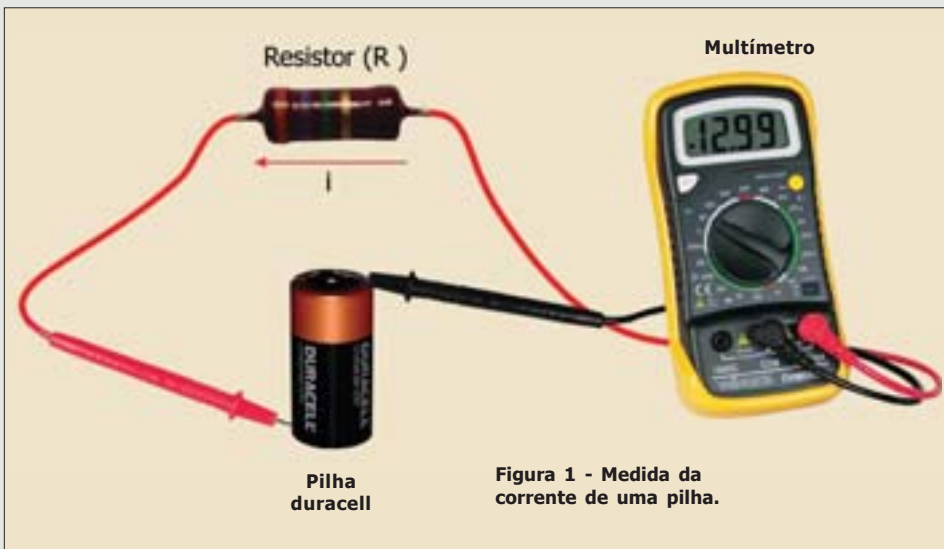
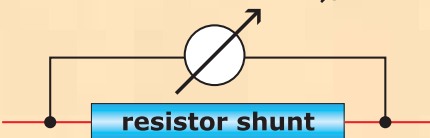


Figura 1 - Medida da corrente de uma pilha.

**Os anodos de sacrifício (AS)**

Estes metais, ao serem instalados, mudam o potencial da armadura de corrosivo anódico para protegido catódico. Dependendo do anodo de sacrifício (AS) utilizado, ter-se-á uma proteção abrangente (grandes áreas), como é o caso do tratamento de superfície feito com Zinco Termo Projetado (ZTP) ou uma proteção localizada, feita inserindo-se dentro do concreto, pastilhas, varas ou malha galvânica.

Este tratamento, conhecido como o único que interrompe a corrosão pode facilmente ser checado ou monitorado, bastando uma simples semi-pilha.

**Testes e monitoramento**

De modo a conferir o funcionamento de alguns AS, o Instituto de Patologias da Construção realizou uma série de ensaios, construindo 40 blocos de concreto armado, tendo base de 80cm x 40cm e 15cm de altura.

**MEDIDOR DOS POTENCIAIS DE CORROSÃO**



Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado, já está disponível o novo conjunto semi-pilha CPV-4 com voltímetro digital. A semi-pilha CPV-4 é um revolucionário instrumento que 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, possíveis estados de corrosão e a sua evolução, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (desplacamentos).

**VARA G**

Tele-atendimento (0XX21) 2493-6862  
 fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 23



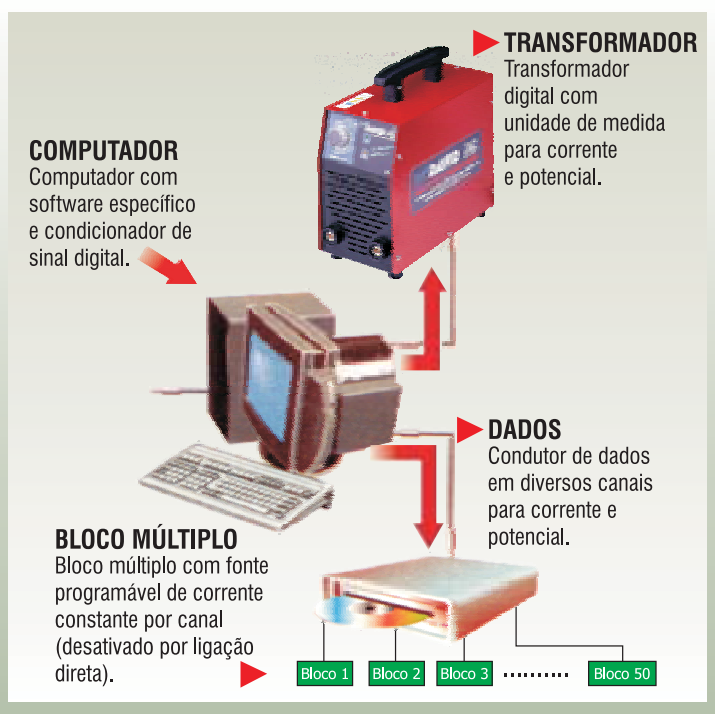


Figura 2 - Esquema de monitoramento simultâneo dos blocos.

As armaduras foram dispostas em 3 camadas, ou seja, a 2,4 e 6cm a partir da superfície inferior. Os primeiros 20 blocos foram tratados com ZTP em sua base. Nos outros

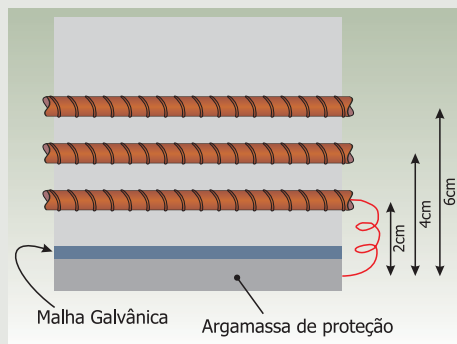


Figura 3 - Blocos tratados com Malha Galvânica G. As armaduras foram interligadas com estribos.

vinte blocos fixou-se a Malha Galvânica G na superfície do concreto, inteligan-do-se a malha à armadura externamente e cobrindo-se com 2,5cm de argamassa de cimento e areia aditivada com ativador eletroquímico G

Os 40 blocos, assim preparados e expostos ao tempo, foram monitorados de forma simultânea através de um sistema de aquisição de dados computadorizados. Utilizou-se semipilhas (eletrodos de referência) per-

manentes, de dióxido de manganês e de titânio ativado, previamente inseridos no concreto dos blocos, junto às armaduras, de modo a analisar-se simultaneamente os potenciais das peças. Estes dois tipos de semipilhas possuem potenciais fixos, assim como o tradicional CPV-4 de cobre sulfato de cobre (+316mV), em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio (EPH). O potencial padrão do eletrodo de referência de dióxido de manganês (EDM) é igual a +365mV e o de titânio ativado (ETA) é de +150mV. A ligação da película de ZTP e da malha galvânica com as armaduras foi feita externamente de modo a se proceder a leitura após seu desligamento (instant off). Utilizou-se um resistor shunt em cada bloco para medir a corrente circulante.

O objetivo dos testes foi medir a eficiência dos AS à medida que variavam as condições atmosféricas como temperatura, umidade, chuva e insolação, além das possíveis interferências com o concreto original, com a argamassa de cobrimento, com a contaminação do concreto, com a aplicação de tinta sobre o ZTP ou sobre a argamassa de fixação da malha galvânica G, com a distância e a relação entre áreas anodo-catodo e, por fim, com as diversas camadas de armaduras.

Todos os 40 blocos de concreto armado, ao serem ensaiados, possuíam exatos três meses de idade.

### Resultados com malha galvânica G

Estes 20 blocos de concreto foram previamente contaminados com 3% de cloretos, de modo a simular a condição das estruturas à beira mar, industrial ou mesmo em contato com águas contaminadas. Nos períodos de estiagem que seguiram após a instalação da proteção catódica observou-se que o aumento da temperatura influenciou diretamente o comportamento dos blocos, observando-se uma queda no potencial, quer dizer a voltagem despencou para valores mais negativos, melhorando ainda mais o estado de proteção das armaduras. Veja na RECUPERAR 52 pág. 33, o box Diagramas de Pourbaix que situa onde o ferro está imune à corrosão. Quedas de temperatura durante a estiagem, por outro lado, jogaram o potencial de proteção para valores mais positivos. No resumo da ópera, as curvas potencial e temperatura desenvolveram-se de forma paralela em relação ao tempo. Analisando-se a densidade de corrente que, efetivamente, responde pela pro-

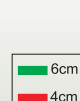
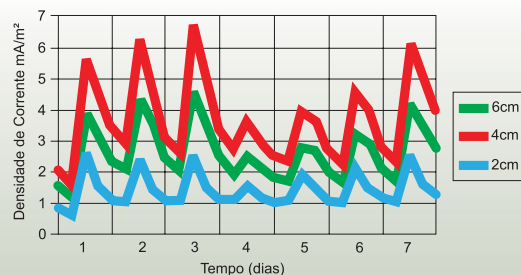
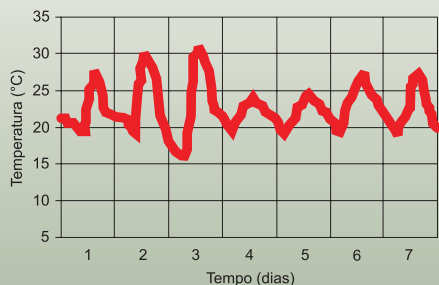
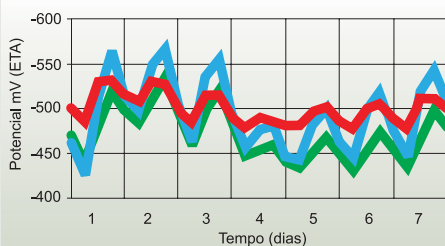


Figura 4 - Os gráficos acima evidenciam o comportamento dos 10 blocos contaminados com cloretos e submetidos ao tempo. O monitoramento contínuo foi de sete dias. Durante este período a umidade relativa média apresenta-se em torno de 71%.



teção das armaduras, em função do comportamento da temperatura em períodos de estiagem, observou-se que o aumento do calor aumentou a densidade de corrente devido às reações químicas que naturalmente se desenvolvem com a água intersticial dentro do concreto e argamassa de cobertura da malha e que funciona como eletrólito para as pilhas galvânicas formadas. Os picos, no gráfico densidade de corrente X tempo, informam o aumento natural dos potenciais de proteção em direção a valores mais negativos. É interessante observar nos gráficos da figura 3 que a distância AS/armadura não promoveu nenhum efeito no com-

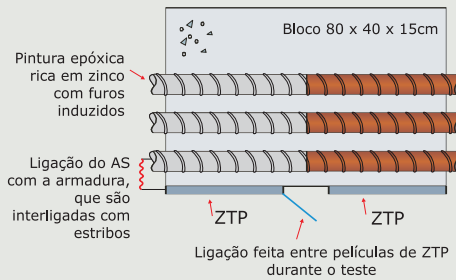


Figura 4 - Situação dos blocos tratados com ZTP. As barras interligadas com estribos.

portamento da densidade de corrente e também do potencial. Espera-se, naturalmente, que com o correr do tempo a resistividade do concreto aumente e aí afete a distância e, conseqüentemente, a proteção desenvolvida pelos AS.

### Resultados com ZTP

Os outros 20 blocos de concreto armado, também previamente contaminados com 3% de cloretos, foram tratados com ZTP e analisados durante 7 dias, havendo presença de chuvas neste intervalo. Metade de suas

armaduras foi previamente “tratada” com epóxi rico em zinco e, propositadamente, deixados pequenos furos na película, de modo a simular a situação real, muito comum em obras de recuperação de estruturas. A área de cada metade das armaduras foi de 1.500cm<sup>2</sup>. O comportamento dos blocos, assim preparados e testados, deixa claro que chuva no concreto faz aumentar a corrente, conduzindo os potenciais para valores mais negativos, o que significa mais proteção. É interessante notar que, durante a chuva, a alta relação anodo-catodo, promovida pela pintura epóxica, ou seja, tem-se uma área anódica grande e bem definida que é o ZTP e apenas pequenos pontos catódicos na armadura que recebem corrente de proteção (furos), uma leve redução nos valores dos potenciais, muito embora os valores da corrente sejam aumentados. Parte dos blocos preparados e ensaiados conforme demonstrado abaixo levou, posteriormente, uma pintura epóxica sobre a película de ZTP. A figura 6 evidencia que a pintura acalma, quer dizer, não deixa os po-

### GLOSSÁRIO

**Densidade de corrente** – a corrente que flui de ou para uma unidade de área de uma superfície do aço.

**Depolarização** – a eliminação ou redução da polarização por meios físicos ou mecânicos. A depolarização resulta no aumento da corrosão. Ocorre com a remoção do fluxo de corrente de proteção aplicado.

**Densidade de corrente** – corrente dividida pela área da superfície do metal. São usados os termos densidade de corrente anódica e catódica, significando a corrente dividida pelas áreas do anodo e do catodo, respectivamente.

**Polarização** – é a mudança do potencial de circuito aberto da armadura (em seu estado original de corrosão) pela introdução de uma corrente através da interface concreto/armadura.

**Cloretos** – denominação dos sais do ácido clorídrico (HCl). Os cloretos mais importantes são o cloreto de sódio (NaCl), parte principal do sal marinho, o sal gema (NaCl) extraído do solo, o cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), o cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cal [CaCl(OH)], também chamado de cal clorada, pó branco, obtido da reação do cloro com o hidróxido de cálcio.

**Semipilha** – metal padronizado imerso em um eletrólito apropriado ou adequado, destinado a medir o potencial (voltagem) do aço.

**Polarização catódica** – é a mudança do potencial de uma interface em direção a valores mais negativos, devido ao fluxo de corrente atuante.

**Potencial de corrosão livre** – potencial de corrosão na ausência de imposição de fluxo de corrente elétrica para a superfície do aço. Também chamado de potencial de circuito aberto.

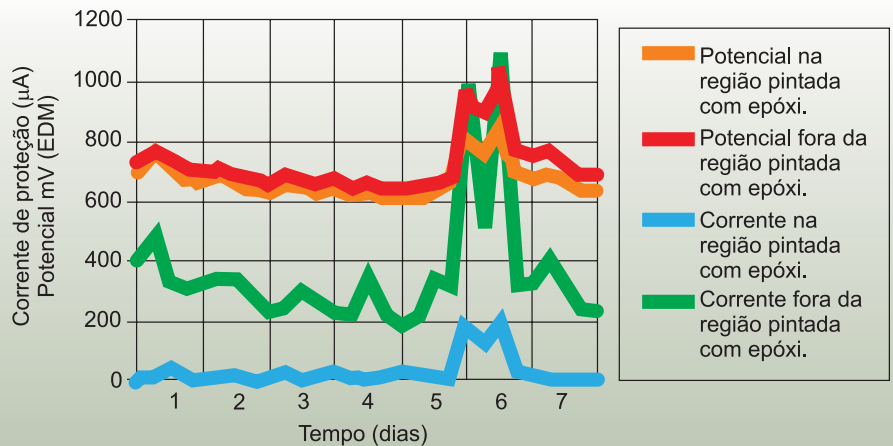


Figura 5 - Chuva, corrente e potencial versus tempo em blocos de concreto armado contaminados com 3% de cloretos e tratados com ZTP. Parte de suas armaduras foram previamente “tratadas” com epóxi rico em zinco, deixando-se furos na película. Choveu nos dias 5 e 6.

## Corrosão é isso aí...

A corrosão no concreto armado/protendido literalmente come sua estrutura. A única solução é proteção catódica.

### TELA GALVÂNICA G

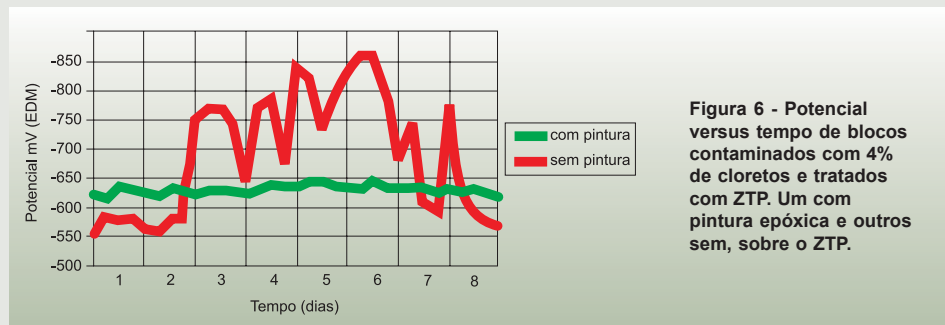
- 100% proteção catódica.
- ampla proteção contra corrosão generalizada.
- interrupção instantânea da corrosão.
- facilmente incorporada à estrutura.
- seus benefícios são facilmente checados.
- garantia superior a 15 anos.



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

tenciais se manifestarem muito negativamente, quer dizer, o AS é pouco solicitado, corrói pouco e dura mais. No 1º e no 8º dia não choveu, constatando-se uma redução nos potenciais.

A figura 7, abaixo, retrata aquelas situações

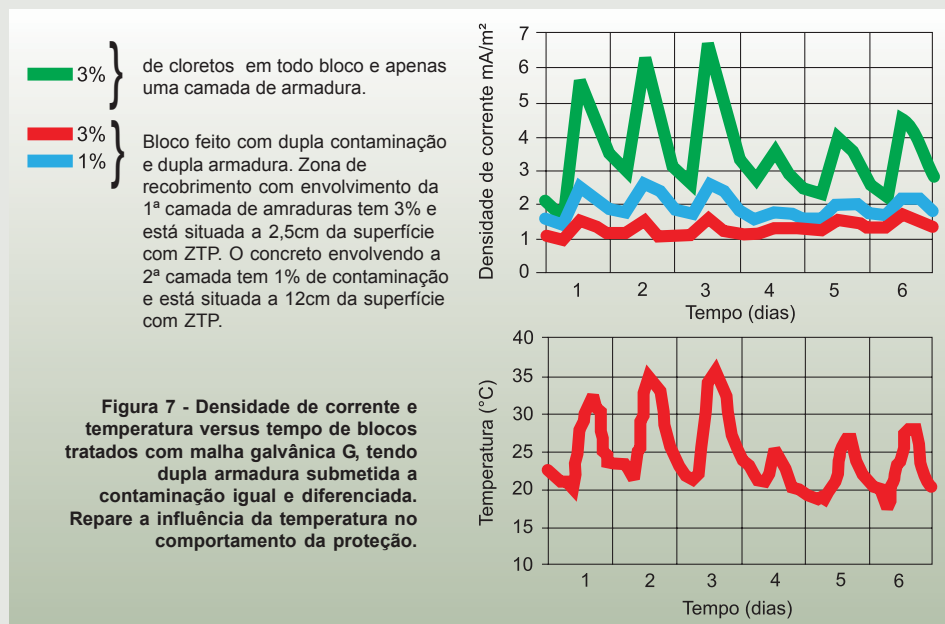


de alta contaminação na zona de recobrimento junto a primeira camada de armaduras e uma contaminação menos intensa na segunda, muito freqüente em estruturas industriais e marítimas. Repare a importância da temperatura no comportamento da densidade de corrente protetora. Outra importante observação é evidenciada na figura

### Conferindo a PC

A relação incestuosa entre ASs e o aço das armaduras ou de cordoalhas de proteção é rotineiramente verificado pelo chamado critério dos 100mV. A verificação é simples.

Quando o AS é desconectado da armadura, ocorre o desligamento da corrente de proteção. Esta atitude faz o potencial das armaduras despencar verticalmente (veja Box na página 25) de um nível de proteção, chamado polarizado, para outro sem proteção, fato este atribuído a chamada queda ôhmica, IR, do potencial. Este teste, também cha-



7: os blocos com armadura dupla expostos à contaminação diferenciada e naturalmente submetidos a uma baixa relação anodo-catodo, quer dizer muita armadura (catodo) para pouco anodo (ZTP), apresentam baixas densidades de corrente em relação aos blocos com apenas uma camada de armadura. Detalhe: a primeira e mais contaminada camada de armaduras, na zona de recobrimento, ao contrário do que poderia se imaginar, recebe menor densidade de corrente. Por que será?

mado de medida da depolarização ou do potencial imediatamente de 0,1 a 1 segundo após o desligamento do AS (instant off), nos informa que uma depolarização mínima de 100mV é considerada indicação de que a estrutura está suficientemente protegida. Os blocos, com dupla contaminação e dupla armadura, analisados anteriormente, foram submetidos a uma depolarização (figura 8). O que se vê, em ambas as camadas dos blocos, é uma queda lenta do potencial ôhmico, IR, quase que por igual, quer dizer,



**SIM.**  
**Principalmente em estruturas hidráulicas.**

“Cocadas” de PASTILHAS Z é a solução, principalmente em estruturas hidráulicas, pois uniformizam a distância forma-armadura e promovem toda aquela proteção que o aço deseja contra a corrosão durante, pelo menos, 15 anos. Cocada boa é PASTILHA Z.

**PASTILHA Z**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 25



Garantia superior a 15 anos

# Zinco Termo Projetado

O melhor revestimento para o concreto armado-protendido é ativo, ou seja, interfere no processo de corrosão do aço. Pare de usar revestimentos passivos ou barreiras brutas sem qualquer atuação contra a corrosão.

Pense em ZTP.

O melhor custo benefício.

**ZTP**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 26

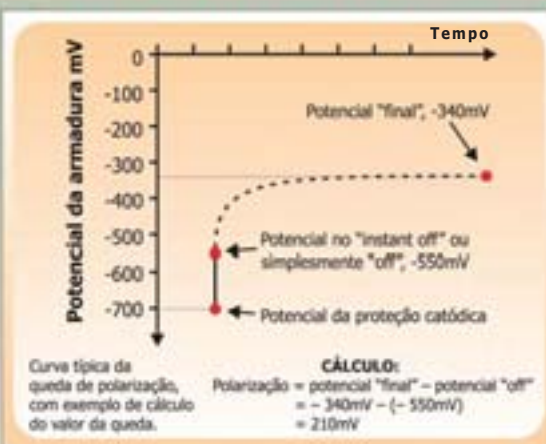
**ZTP**

Solução inteligente  
contra a corrosão.

## O critério da queda da polarização

A efetividade de um sistema de proteção catódica é verificada por testes que se inserem dentro de um contexto denominado "critério". Dos três critérios ordenados pela NACE (National Association of Corrosion Engineers) através do seu Standard Recommended Practice RPO 290-90, o mais utilizado é o dos 100mV.

Segundo este critério, a região da armadura a ser protegida deve ser polarizada com um mínimo de 100mV. Quando se usa o método da queda da polarização, sua determinação é obtida interrompendo-se o envio da corrente de proteção, fornecida pelo anodo de sacrifício, e o imediato monitoramento do potencial da armadura com uma semi-pilha tipo CPV-4. Quando a corrente é interrompida, imediatamente a voltagem cai. Esta mudança brusca é provocada pela eliminação da chamada "queda IR" e não pode



ser incluída na medida da polarização. Ou seja, IR é aquele incremento de voltagem "desnecessário". O potencial da armadura, imediatamente após aquela mudança brusca, deverá ser usado como leitura inicial para a medida da polarização. A queda da polarização é calculada subtraindo-se o potencial "off" do "final". O critério deve ser encontrado no período de 4 ou 24 horas.

\* Lembre-se da lei de Ohm,  $E = IR$ . Quer dizer, a corrente que circula vezes a resistividade que o concreto ou solo oferece é igual a um potencial. Repare também que, pela lei, a corrente é inversamente proporcional à resistividade do meio.

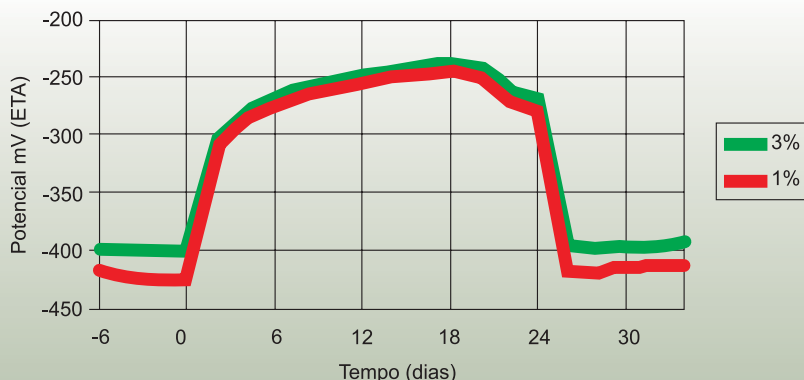


Figura 8 - Medida da queda de polarização feita nos blocos com dupla camada de armaduras submetidos a contaminação diferenciada.

muita armadura (catodo para pouco anodo (ZTP) devido, certamente, à alta condutividade (ou baixa resistividade) do concreto. É interessante comparar com o gráfico do Box do critério da queda da polarização. Em resumo, verificou-se que a corrente de proteção e a conseqüente polarização são dependentes de diversos parâmetros ligados à condição atmosférica. Ambos os sistemas, ZTP e malha galvânica G analisados, funcionaram adequadamente.

**e-mail consulta nº 27**

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Corrosão.

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

### REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- Criteria for the Cathodic Protection of Reinforced Concrete Bridge elements (SHRP-S 359).
- R. Polder, COST 521, Corrosion of Steel in Reinforced Concrete Structures, Final Report, ed. R. Weydert, Luxembourg.
- L. Bertolini, M. Gastaldi, MP. Pedferri, R. Redaelli, Proc. EUROCORR 2001, Riva Del Garda.
- J. Priestersbach, A. Melzer, J. Wisniewski, A. Winkels, M. Knepper, Proc. EUROCORR.
- J.E. Bennett, C. Firlotte, NACE Corrosion 96, paper No. 316, Denver.
- G. Schuten, J. Leege-door, R. Polder, W. Peelen, Proc. EUROCORR 2001, Riva Del Garda.
- J.P. Broomfield, Int. J. Restoration of Buildings, 6.
- O. Vennesland, M. Raupach, J. Mc Carter, COST 521, Corrosion of Steel in Reinforced Concrete Structures, Final Report, ed. R. Weydert, Luxembourg.
- EN 12696, Cathodic protection of steel in concrete, 2000.
- L. Stockert, M. Hofmann, J. Hümmel, Proc. EUROCORR.

## Procura-se uma solução que:



**REMOCLOR**

(0XX21) 2494-4099 / fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 28

- Atue sobre a contaminação existente em superfícies metálicas e concreto.
- Neutralize sais solúveis como cloretos, sulfatos e nitratos.
- Atue sobre superfícies de concreto, adentrando como água e neutralizando a contaminação por sais existentes dentro da peça estrutural.
- Promova a remoção total da contaminação em superfícies metálicas, antes da pintura.
- Não seja tóxica ou inflamável.
- Reduza a zero a possibilidade da surgência de corrosão sob películas de proteção em peças metálicas.
- Combata a corrosão por cloretos nas armaduras do concreto.
- Possa ser aplicada com hidrojato.
- Não interfira com a adesão em pinturas de proteção.





# Morte branca.

**Compatibilizamos forças físicas atuantes com tensões de ruptura no concreto. E sua resistência às ações químicas e físico-químicas com o ambiente, cada vez mais agressivo? Como podemos impedir a morte branca do concreto?**

Estruturas hidráulicas como de barragens são campeãs na surgência de eflorescências que denotam a morte branca do concreto.

**Joaquim Rodrigues**

Todo material de construção, e o concreto é o mais importante, está sujeito à ação de tensões físicas e químicas. Esta última, pouco conhecida, promove ações de meteorização, em sentido amplo, e de desintegração no concreto. Estruturas e mais estruturas de concreto padecem a olhos vistos, sem que saibamos entender a razão desta agonia. E o pior, continuamos a dimensionar estruturas industriais ou para ambientes extremamente críticos, como para o contato com águas agressivas como se fossem para simples edificações. O resultado são milhões de reais gastos anualmente tentando-se, literalmente, salvar o concreto da destruição química ou físico-química.

A deterioração, e por que não dizer, a corrosão do concreto, é de natureza complexa. Nem Bin Laden pode imaginar, pois cada sintoma que surge em sua superfície pode ser atribuído a vários fatores, dependentes tanto das propriedades do ambiente, como da natureza e concentração de gases e líquidos ácidos, bases ou sais, como da própria composição do concreto. O fato é que o modelo é fisiológico e depende de cada meio em que o dito cujo está inserido, podendo estar submetido a gases tóxicos como o ácido sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio, H<sub>2</sub>S, devido à putrefação de substâncias orgânicas nos esgotos que nos rodeiam ou no contato com solos e respecti-

Qualquer sintoma de descalcificação ou eflorescência deve ser investigado.

## Metacrilato

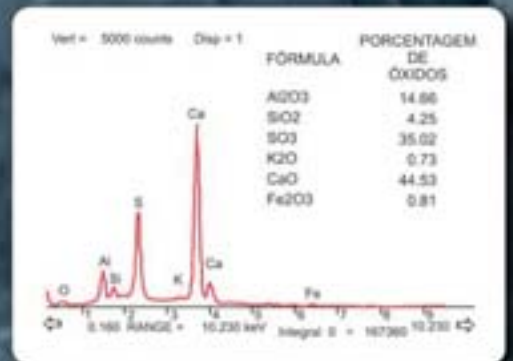
Com viscosidade igual a da água, o METACRILATO preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura, de até 0,05mm de abertura, em pisos, apenas vertendo-se o produto. Em apenas meia hora, com o METACRILATO também se monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. Basta fazer 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) 2493-4702  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 31

Figura 2

Microfotografia eletrônica de varredura de cristais aciculares (agulha) de etringita formados pela mistura da solução de aluminato de cálcio e de sulfato de cálcio. Na região superior situa-se parte do agregado grande e abaixo dos cristais de etringita, no meio da foto, aparecem cristais de silicatos de cálcio.



va água freática contaminados, ou mesmo em contato com a pura e cristalina água potável, rica em íons agressivos (dependente das concentrações) ao concreto. Fatores físicos externos, como temperatura,

velocidade das correntes de ar e da água subterrânea e umidade relativa também interferem na morte branca do concreto.

### Agressão em marcha

Na análise da agressão que iremos relatar desconsideramos qualquer processo de corrosão física, como por exemplo, desgastes mecânicos, ação de cargas etc. A alteração da saúde do concreto comporta um conjunto de caracteres definidos, como a própria causa, sinais, sintomas e evolução. O meio que agride o concreto tanto pode ser gasoso, líquido ou sólido mas, antes de identificarmos como se processa a morte branca, torna-se necessário saber como batem cada um destes adversários.

#### Líquidos agressivos

A velocidade do ataque no concreto está diretamente relacionada ao nível de agressividade presente no líquido, podendo ser alterada para mais ou para menos devido a solubilidade dos produtos da reação depositados e também pelo tipo de concreto em jogo. O epicentro do sismo de corrosão do concreto situa-se com duas coordenadas: concentrações reduzidas de hidróxido de cálcio e aumento de temperatura, invariavelmente conduzem a uma degradação acelerada. Soluções como a salmoura ou outra rica em sais, uma vez hospedadas, cristalizam após a evaporação do veículo base, criando pressões e consequentes deslocamentos. Solos onde há presença de sulfato sódico e carbonato de sódio na água freática são danadas para

provocar a corrosão/deterioração do concreto via cristalização, devido a estes sais. Por outro lado, soluções ácidas dissolvem tanto os componentes hidratados como os não hidratados da matriz cimentícia e particularmente os agregados calcáreos, quando empregados. Também não adianta aumentar o FCK do concreto para combater o ataque ácido, pois a destruição é maior, à medida que o pH do ácido diminui.

É interessante anotar que quando for especificar concretos para contato com soluções de hidróxido de sódio extremamente básicos não se deverá especificar agregados graníticos.

Qualquer água que contenha íons bicarbonatos também vem acompanhada de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, livre, o qual dissolve o carbonato de cálcio. É o chamado CO<sub>2</sub>

#### GLOSSÁRIO

**Meteorizar** – tornar inchado.

**Anidrido** – isento de água.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** – gás carbônico incolor, mais denso que o ar, inodoro e de sabor picante, quando dissolvido n'água. Encontra-se na atmosfera na concentração de 0,03% e forma-se também na combustão dos alimentos nos organismos animais, sendo eliminado na expiração. A combustão da vegetação e materiais orgânicos produzem o CO<sub>2</sub> em quantidades abundantes. Não alimenta a combustão, daí o fato de ser usado como extintor.

**Anidrido sulfúrico (SO<sub>3</sub>)** – substância química de grande importância industrial, pois é a base da fabricação do ácido sulfúrico.

**Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)** – gás incolor que se pode produzir por união direta do enxofre e oxigênio. É a causa do cheiro que o enxofre produz ao queimar-se ao ar livre.

**Granito** – rocha granular composta por minérios de quartzo, mica e feldspato.

**Quartzo** – dióxido de silício cristalizado, formando enormes cristais. SiO<sub>2</sub>.

**Salmoura** – solução aquosa concentrada de sal de cozinha.

**Cristalização** – fenômeno pelo qual certas substâncias podem ser obtidas na forma de cristais. formação de cristais quando uma solução solidifica (processo de hidratação do cimento portland). As moléculas de sólido, então, arranjam-se na forma de uma estrutura de treliças bem definida.

**Monóxido de carbono (CO)** – importante substância do carbono devido à sua toxidez por bloqueio da hemoglobina do sangue e paralização da função respiratória. Existe em quantidades apreciáveis nas cidades, devido a exaustão dos automóveis, constituindo um dos principais poluidores do ar. Gás insípido, inodoro, incolor e menos denso que o ar.

**Lixiviação** – dissolução química de certos constituintes do concreto pela lenta passagem de uma solução através de sua rede de vazios. O produto externo chama-se eflorescência.

**Eflorescência** – depósito de sais brancos na superfície do concreto, proveniente da lenta passagem de uma solução pelo interior do concreto com consequente dissolução dos sais. Posteriormente, na superfície do concreto, há a evaporação da solução.

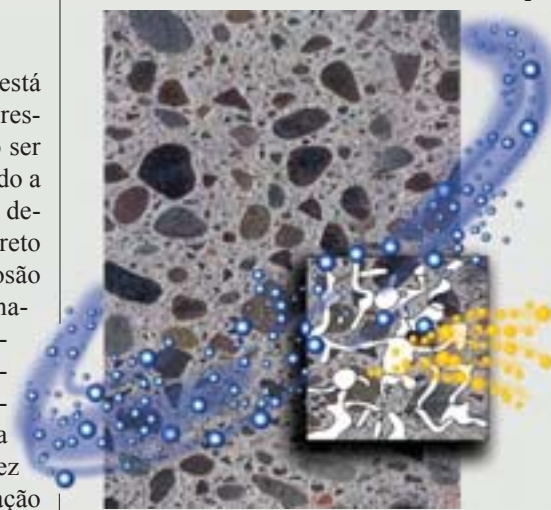


Figura 3 - No detalhe a estrutura da matriz endurecida formando poros característicos. Processo típico de lixiviação do concreto pela passagem de uma solução através de sua rede de vazios e a consequente surgência de sais solúveis eflorescentes típicos do concreto.

**Vacina contra Eflorescências e Descalcificação do Concreto?**

**Gel WATERCRIL e Gel XPTO**

Os géis WATERCRIL e XPTO com viscosidade de 4 e 50cps respectivamente são a melhor resposta contra a descalcificação do concreto. Basta injetar e pronto.

**WATERCRIL / XPTO GEIS**  
 Tele-atendimento (0XX21) 2493-4702  
 fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 32



Amostras de todo tipo de concreto expostas a sulfatos.

tículas de sais para as zonas urbanas a quilômetros de distância das praias. A água subterrânea é totalmente dependente da diversidade de seu solo e das

agressivo, pois atua por reação ácida, atacando o concreto e outros produtos do cimento portland.

O uso de concretos com cimento resistente a sulfatos com alto fator A/C de nada adianta. As águas sulfatadas reagem com o aluminato tricálcico da matriz, formando a expansiva etringita, primeira da fila no ataque por sulfatos. Esta é a razão de se usar o cimento resistente a sulfatos, pois tem baixo teor de aluminato tricálcico.

Nas áreas costeiras, particularmente agressivas, o vento se encarrega de conduzir par-



Situação típica de viadutos com penetração de água pelas juntas e pela própria laje do tabuleiro, o que provoca a descalcificação do concreto.

A extraordinária ação metabólica das bactérias traduz-se em ataque ao concreto, devido à produção incessante de dióxido de carbono, de sulfatos, amônia, dióxido

de enxofre ou ácido sulfídrico etc. As ferrobactérias aeróbicas, por exemplo, produzem  $CO_2$  a partir do ferro na forma ferrosa (bivalente) existente nos produtos da meteorização de rochas que contém ferro, como a pirita, ou em solos e águas ferruginosas, fixando-o sob a forma de hidróxido férrico hidratado,  $Fe(OH)_3$ , liberando  $CO_2$ . Uma das ferrobactérias conhecidas é a Galionela.

**GLOSSÁRIO**

**Higrômetro** – instrumento destinado a medir o teor de água no ar atmosférico.

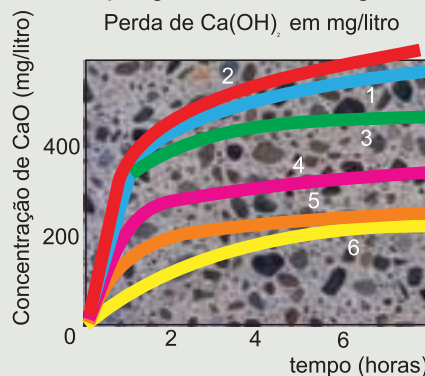
**Higroscópico** – aparelho simples para indicações aproximadas sobre o grau de umidade do ar.

**Higroscópio** – qualidade de certas substâncias sólidas ou líquidas de absorverem a umidade do ar. O exemplo mais notável é o do cloreto de cálcio.

**Hidrólise** – desdobramento de substâncias químicas em meio aquoso, acompanhado da fixação dos constituintes da água (ou outra solução), na forma de  $H^+$  e  $OH^-$ . Reação muito comum e de grande resistência no concreto.

**Matriz cimentícia** – é a pasta de cimento que envolve os grãos de areia e o agregado, graúdo, constituído por diferentes tipos de substâncias hidratadas de cimento. Os mais importantes são os silicatos hidratados C-S-H que aparecem como estruturas fibrosas, o hidróxido de cálcio,  $Ca(OH)_2$ , que cristalizou em grandes placas hexagonais superpostas e a etringita, que cristaliza na forma de agulhas. Possui uma porosidade em torno de 30% em volume, para um fator A/C igual a 0,5.

condições geológicas, hidrológicas e da contaminação que o homem lhe impõem.



Velocidade da perda de hidróxido de cálcio,  $Ca(OH)_2$ , pela passagem d'água através da matriz endurecida. 1) pasta de cimento portland 2) pasta de cimento portland e areia 3) cimento de alto forno 4) cimento de pozolona 5) cimento de pozolona e areia 6) cimento com altos teores de alumina

**Sólidos agressivos**

Sólidos predadores, na verdade, têm a ver com sua higroscopicidade ou pela própria

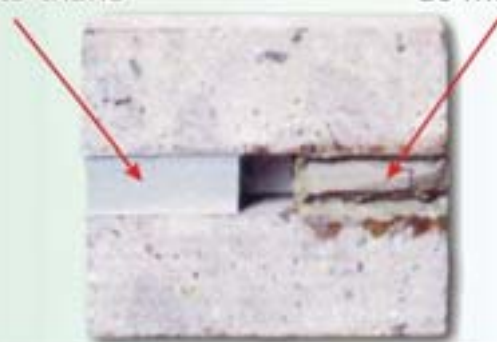
**ELASTO-THANE**  
Selante Elastomérico de Poliuretano

O selante elastomérico de poliuretano ELASTO-THANE é o mais vendido no mercado norte-americano. Saiba a razão desta preferência. Peça o melhor elastômero de poliuretano pelo melhor preço do mercado. Aproveite.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-4702 / fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 33

Elastômero  
Elasto-thane

O melhor elastômero  
do mercado



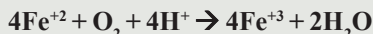


água que permeia por solos e rochas ricos em sais solúveis, promovendo toda sorte de deterioração via ataque líquido.

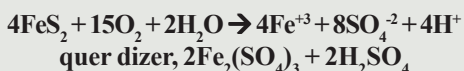
Um caso típico são as rochas piritosas feruginosas,  $FeS_2$ , que são estáveis enquanto não entram em contato com o ar ou com a água. O íon disulfeto,  $S_2^{-2}$ , que contém enxofre em estado de oxidação -1, é oxidado para íon sulfato,  $SO_4^{-2}$ , contendo agora enxofre em estado de oxidação +6.



Como o íon sulfeto que acompanha o íon ferroso,  $Fe^{2+}$  é solúvel em água, a pirita ferugínea é solubilizada pela reação. É interessante observar que a reação produz grande quantidade de ácido concentrado (um dos produtos da reação é o  $H^+$ ), do qual apenas uma parte é consumida pela oxidação  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$ , em presença do ar ou água que acompanha o processo:



Esta reação é catalizada por bactérias e com a combinação das duas reações já apresentadas obtém-se a reação global para a oxidação tanto do ferro como do enxofre:



Como se vê, a oxidação da pirita produz sulfato de ferro (III) solúvel,  $Fe(SO_4)_3$ , e ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ . O íon  $Fe^{3+}$ , tão oxidante quanto o oxigênio  $O_2$ , é solúvel em água ácida produzida inicialmente e cujo pH pode ser tão baixo quanto zero.

Para a maioria dos casos o concreto só irá sofrer e descabelar-se, à medida que a substância agressiva, seja gasosa ou líquida, sobretudo ionizada, adentrar por sua rede fenomenal de labirintos, vulgo vazios e capilares, e interagir com o abundante hidróxido de cálcio da matriz cimentícia.

### Morte branca

A morte branca ou corrosão do concreto manifesta-se pela ação de três tipos de reação química que podem atuar juntas ou separadas, podendo-se identificá-las por sinais bem predominantes de destruição. Vamos apresentá-las.

#### Morte branca por lixiviação

Os produtos da hidratação do cimento portland, uma vez submetidos à ação de líqui-



## A química do cimento portland

O cimento portland é feito misturando-se a quente calcário e argila ou outros materiais de composição e reatividade similar a temperaturas em torno 1500°C. Com a fusão, criam-se

### A elaboração do cimento portland



nódulos chamados clínquer, aos quais mistura-se sulfato de cálcio (gesso ou similar) para controlar a velocidade da pega e influenciar a velocidade do desenvolvimento de sua resistência. A nomenclatura química é a seguinte:

	Substância	Designação	% aproximada
Estes componentes totalizam ~3%.	Óxido de cálcio	C	67
	Sílica (SiO <sub>2</sub> )	S	22
	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	A	5
	Óxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	F	3
	Anidrido Sulfúrico (SO <sub>3</sub> )	S	1,2
	Óxido de Magnésio (MgO)	M	1
	Álcalis (Na <sub>2</sub> O)	N	0,4
	Álcalis (K <sub>2</sub> O)	K	0,4

O H quando aparece significa água. O clínquer do cimento portland comum contém, genericamente, quatro fases características chamadas de alita (a principal), belita, aluminato e ferrita, as quais têm sua estrutura cristalina modificada por substituições iônicas.

Denominação da fase	Composição	% aproximado
Alita	Silicato tricálcio Ca <sub>3</sub> Si O <sub>5</sub> ou C <sub>3</sub> S	60
Belita	Silicato dicálcio Ca <sub>2</sub> Si O <sub>4</sub> ou C <sub>2</sub> S	22
Aluminato	Aluminato tricálcio Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ou C <sub>3</sub> A	8
Ferrita	Ferroaluminato tetracálcio Ca <sub>2</sub> Al Fe O <sub>5</sub> ou C <sub>4</sub> AF	12

dos ou soluções hidrolisam, enfraquecendo ou, literalmente, quebrando suas ligações químicas dos cristais solúveis do abundante hidróxido de cálcio da matriz cimentícia, lixiviando seus íons cálcio e produzindo óxido de cálcio, CaO, ou cal.

Esta sintomatologia é muito comum em barragens, tubulações, em blocos que aprisionam lixo tóxico e nuclear, chegando às fachadas das edificações. Os riscos e a velocidade do desenvolvimento da morte branca por lixiviação dependem da:

Qualidade e forma do concreto	Intensidade da percolação	Espessura do revestimento de barreiras físicas ou químicas	Natureza da solução lixiviante
A matriz não é um corpo homogêneo. Possui parte hidratada e não hidratada. A solubilidade do hidróxido de cálcio, Ca(OH) <sub>2</sub> , pela água a 20°C é de 1,18 gramas por litro, na forma de óxido de cálcio.	A solubilização da rede cristalina deverá, sempre, ser impedida, pois atua principalmente na região instável e depois, para as partes estáveis dos cristais. A temperatura sempre atua como catalizador. Após o comprometimento do Ca(OH) <sub>2</sub> , segue-se a hidrólise do silicato de cálcio e dos aluminatos.	Sem estas proteções o concreto não tem nenhuma chance.	A concentração e a natureza dos agentes corrosivos presentes nas soluções que adentram no concreto deverá ser conhecida para o dimensionamento do concreto e da proteção.

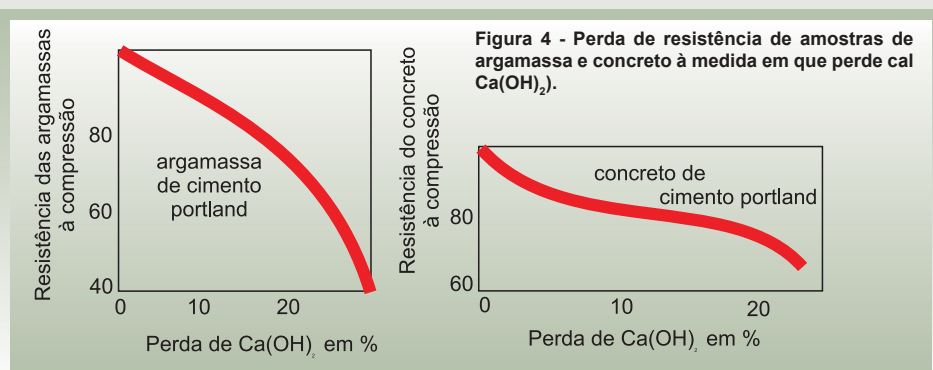


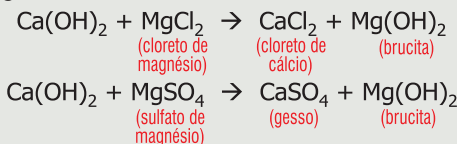
Figura 5 - Laje com grande concentração de sais provenientes da matriz cimentícia.

### Morte branca por reações de troca iônica

A morte branca provocada pelos constituintes das soluções que chegam à superfície e adentram sem bater na porta do concreto, costumam promover a farrá do troca-troca iônico (vide reações de simples e de dupla troca) com os componentes da matriz cimentícia. As reações que se seguem são o vislumbre de combinações extremamente solúveis que, posteriormente, são facilmente chutadas para fora ou ficam pela matriz como bêbado pela rua, sem qualquer função útil

aglomerante. Este quadro mórbido costuma se manifestar em camadas progressivas a partir da superfície que faz contato com solução atacante. Este tipo de morte branca é bem caracterizado pelas soluções que

contêm sais de magnésio em sua bagagem que, na base do troca-troca iônico mudam o Mg pelo Ca, promovendo novos sais de cálcio e hidróxidos de magnésio. Alguns exemplos interessantes ilustram o caso.



### GLOSSÁRIO

**Radical** – átomo ou agrupamento com valência livre capaz de combinar-se, originando substâncias.

**Sal** – substância derivada de um ácido devido à neutralização, total ou parcial, provocada por uma base ou óxido básico. Todo sal possui caráter iônico, quer dizer, suas partes contêm carga positiva e carga negativa. Existem inúmeros tipos de sais.

**Sal ácido** – substância resultante da reação de uma base com um ácido que não conseguiu neutralizar os seus hidrogênios ionizáveis.

**Sal básico** – sal que ainda possui hidroxilas OH<sup>-</sup>, não neutralizadas em sua molécula, conferindo-lhe caráter alcalino.



Figura 6 - Situação também muito comum em reservatórios: presença de sais evidenciam a descalcificação do concreto.

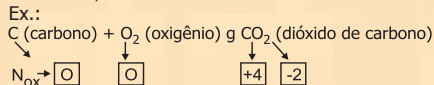


Não há ninguém no *repairbusiness* mais bem informado que você, assinante RECUPERAR.  
[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

**GLOSSÁRIO**

**Base ou hidróxido** – substância química formada por metais ou radicais eletropositivos com o grupo hidroxila, OH<sup>-</sup>. Também chamado de hidrato. Os hidróxidos dos metais alcalinos são chamados de álcalis.

**Reação de oxidação-redução** – quando há variação do número de oxidação (N<sub>ox</sub>) de um ou mais elementos,



onde se vê que o carbono oxidou (N<sub>ox</sub> aumentou) e o oxigênio reduziu.

**Reação de dupla troca** – são reações químicas sempre sem oxidação-redução na qual duas substâncias trocam elementos ou radicais, gerando duas novas substâncias. Um exemplo típico é a reação da produção de sal (ácido + base), HCl (ácido muriático) + NaOH (soda cáustica) → NaCl(sal) + H<sub>2</sub>O. Há também a reação de simples troca, onde há sempre oxidação-redução, havendo deslocamento da substância mais simples. Ex.: Fe (ferro) + 2HCl (ácido muriático) → FeCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>. Nesta última reação basta colocar um prego dentro do ácido muriático (comprado em lojas de tinta) e verificar a saída de bolhas de hidrogênio.

**Brucita** – mineral contendo em sua composição o hidróxido de magnésio, Mg(OH)<sub>2</sub>. Possui estrutura cristalina específica.

**Morte branca por expansão**

A terceira reação química que ocorre no concreto e que descamba para a morte branca envolve a acumulação e a cristalização

dos produtos das reações, os quais aumentam o volume da fase sólida dentro da estrutura de vazios do concreto. Além da cristalização, ocorrem outros processos secundários que criam tensões internas que, literalmente, detonam o concreto. O ataque por sulfatos é um exemplo bem evidente, devido ao crescimento dos cristais de sulfoaluminato de cálcio.

Finalizando, torna-se importante avaliar as condições a que se submete o concreto, sem o que sua durabilidade ficará comprometida. A proteção por barreira, a mais genérica, feita com tintas e revestimentos geralmente falha, a curto e médio prazos, devido a falhas na seleção do material ou, simplesmente porque foi especificado pelo “preço mais baixo”. A solução mais adequada é a injeção de resinas de ultra baixa viscosidade de modo a preencher a rede de vazios do concreto. **TT**

**REFERÊNCIAS**

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- S. Giertz-Hedstrom, The physical structure of hydrated cements, Proc. 2nd Int. Symp. on the Chemistry of Cements, Stockholm.
- T.C. Powers, The physical structure and engineering properties of concrete, Portl. Cem. Assoc.
- G.J. Verbeck, Hardened concrete – pore structure, ASTM Sp. Tech. Publicn. No. 169.
- L.E. Copeland and J. C. Hayes, Porosity of hardened Portland cement pastes, J. Amer. Concr. Inst.
- Mutin A.A. and E.A. Guzeyev: Study of Compressed Reinforced Concrete Elements in Adsorption-Active and Corrosive Media.
- Experimental study of Reinforced Concrete Elements Wetted by Adsorption-Active Media. Moskvín V.M., E.A. Guzeyev, Protection of Concrete and Reinforced Concrete Structures in Harsh Climates.
- Structural Concrete in Severe Climatic Conditions. Moskvín V.M., M.M. Kapkin, A.N. Savitsky, V.N. Yarmakovsky.
- Krasovskaia G.M.: Cause of Collapse of Prestressed Concrete Truss Reinforced with Steel 20XT2II. Concrete and Reinforced Concrete.

**e-mail consulta nº 34**



**RECUPERAR**  
 Para ter mais informações sobre Análise.

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

**Tecnologia**

**Injeção de poliuretano espuma sem necessidade de injeção de gel?**

PH FLEX SUPER é hidrófobo, ou seja, sua espuma não contém água. Logo, é estável aos ciclos de secagem/molhagem. O poliuretano-espuma da concorrência é hidrófilo, ou seja, reage com a água, formando uma espuma instável aos ciclos de secagem/molhagem. Daí a necessidade da injeção posterior de gel, para “impermeabilizar” a “esponja”. Pare de perder clientes, tempo, dinheiro, além de esburacar toda a estrutura, instalando bicos injetores para injetar espuma e depois gel. PH FLEX SUPER resolve de uma vez. Experimente hoje mesmo. Peça sua amostra, compare e sinta a diferença, no bolso e na tecnologia.

**PH FLEX SUPER**

**SOLUTION WITH ONE SHOT INTELLIGENT FOAM**



**PH FLEX SUPER**

Tele-atendimento  
 (0XX21) 2493-6862  
 fax (0XX21) 2493-5553  
[produtos@recuperar.com.br](mailto:produtos@recuperar.com.br)  
 Fax consulta nº 35