

## Editorial

### Mais Integração

**A** ABENC-BA está lançando seu primeiro informativo impresso. É mais um instrumento para promover a integração dos engenheiros civis da Bahia. Em 21 anos de existência, a nossa entidade sempre se pautou pela valorização e defesa dos direitos de nossa categoria profissional.

O Informativo ABENC-BA, com periodicidade trimestral e tiragem de 7,5 mil exemplares, pretende chegar a partir de agora às mãos de todos os engenheiros civis baianos com a proposta de ser um canal não só de informações técnicas e factuais, mas, principalmente, estimular o debate.

Neste número um, estamos encartando o formulário de opção pela entidade para composição do terço do plenário do CREA-BA. Por ser a única exclusivamente ligada aos engenheiros civis, sugerimos a indicação da ABENC-BA.

Aproveitamos para ressaltar que a nossa associação não cobra mensalidade nem anuidade. A filiação é gratuita. As únicas fontes de renda são a indicação da ABENC-BA no campo 34 das ARTs e doações voluntárias. Por isso, esperamos uma maior participação da categoria.

Várias questões nos afligem e precisamos estar unidos para encontrar soluções que beneficiem a todos. No final do ano passado, o senador César Borges deu entrada num projeto de lei para a criação da Ordem Brasileira dos Engenheiros Civis - OBENC.

Na justificativa, o ex-governador diz que o projeto de lei está voltado para o aprimoramento do exercício profissional dos engenheiros civis. "Em última instância, ele beneficia toda a sociedade, propiciando segurança nas obras civis e uma fiscalização realmente eficaz". Um tema para debate.



Enéas Cardoso de Almeida Filho  
Presidente

## Artigo Técnico

# Concreto Estrutural: quando e como recuperar - Parte I



**O** infeliz acidente da "Fonte Nova" agitou a mídia com os acalorados debates sobre implodir ou recuperar a estrutura. Por detrás deste assunto situa-se um problema extremamente técnico: **A Corrosão da Ferragem e Degradação do Concreto.**

Este é um problema bastante conhecido dos Engenheiros Civis, embora seja tratado e comentado por profissionais de diversas áreas e até por leigos, entretanto só o Engenheiro Civil tem competência e atribuição legal bem como conhecimentos necessários para o cálculo estrutural e sua conseqüente recuperação.

O entendimento de como ocorre a corrosão e os métodos e técnicas de recuperação têm evoluído muito nos últimos anos, substituindo as técnicas de simplesmente cortar o concreto, tratar e complementar a ferragem oxidada e preencher o corte do concreto com massas especiais.

Para auxiliar na difusão destes novos conhecimentos iremos tratar deste assunto em uma série de artigos técnicos, iniciando pelo entendimento de como ocorre a corrosão e seguindo até as técnicas mais novas de recuperação estrutural.

Continua na página 2. ►



Engenheiros civis se confraternizam e prestam homenagens.

Pesquisador baiano desenvolve estudo pioneiro com células tronco.



Polêmica nas avaliações e perícias técnicas de imóveis.



## Expediente

## Informativo



**Associação Brasileira  
de Engenheiros Civis**

Avenida ACM, 771  
Edf. Torre Empresarial, sala 1.208  
Itaigara - Salvador - Bahia  
CEP 41.800-700  
Tels.: 71 3354 4776  
www.abenc-ba.com.br

**Conselho Diretor:**

Enéas Cardoso de Almeida Filho  
*Presidente*

Raimundo Pereira Borges  
*1º Vice-Presidente*

Nicola Khoury Neto  
*2º Vice-Presidente*

Anésio Miranda Fernandes  
*1º Secretário*

Dalcy Rodrigues da Costa Sobrinho  
*2º Secretário*

Manuel Segura Martinez  
*1º Tesoureiro*

Edson Eli Almeida Lima  
*2º Tesoureiro*

José Fernando Magalhães Souza  
*Advogado - Assessor Jurídico*

**Informativo ABENC-BA**

*Jornalista Responsável*  
José Pacheco Maia Filho - MTb 1521

*Projeto Gráfico e Editoração*  
Luca Pedreira

**Artigo Técnico - Continuação**

# Princípios eletroquímicos

A corrosão que ocorre no concreto armado é essencialmente um processo galvânico em função da agressividade do ambiente e de contatos elétricos, o ferro é termodinamicamente instável e em sua busca termodinâmica de um menor estado de energia tende a um óxido, que é o resultado de sua corrosão.

Uma barra de aço mergulhada em um concreto que se tornou agressivo, formará em sua superfície uma área de corrosão chamada de eletrodo por apresentar micro regiões anódicas (receptoras de elétrons) e catódicas (doadoras de elétrons). Simultaneamente ocorre outro tipo de troca elétrica através do concreto, neste caso o condutor eletrolítico, envolvendo íons, entre a superfície da barra e a massa do concreto.

Íons são partículas que adquiriram cargas elétricas (+ ou -) tornando-se um condutor eletrolítico, produzindo corrente elétrica com sua movimentação, que é causada pela diferença de potencial entre dois metais, neste caso entre o ferro (mais reativo - doador de elétrons) e

os outros metais menos reativos que entram na composição da liga. A este fenômeno chamamos de "formação de micro-pilhas" que gera mais corrente de corrosão. A combinação destes dois processos: corrente eletrônica e iônica, um no metal e outro no eletrolítico provoca o processo de corrosão da ferragem.

Na interface da ferragem (eletrodo) com o concreto, as micro-regiões anódicas da ferragem perdem elétrons formando íons metálicos ( $Fe^{2+}$ ), estes íons se combinam com os íons hidroxilas ( $OH^-$ ) formando  $Fe(OH)_2$  (hidróxido ferroso), que é o produto da corrosão. Os elétrons livres migram, através da armadura, para as regiões catódicas, onde se combinam com oxigênio, água e hidrogênio presentes e, por reações de redução, formam gás de hidrogênio ( $H_2$ ) e íons de hidroxila ( $OH^-$ ), os mesmos que migrarão para os anodos fechando o ciclo.

Este é o fenômeno básico, entretanto normalmente existem nos vazios do concreto outros íons devido à salinização (cloretos), agentes químico,



**Concreto de baixa resistência, recobrimento insuficiente, deslocamento por expansão da ferragem oxidada.**



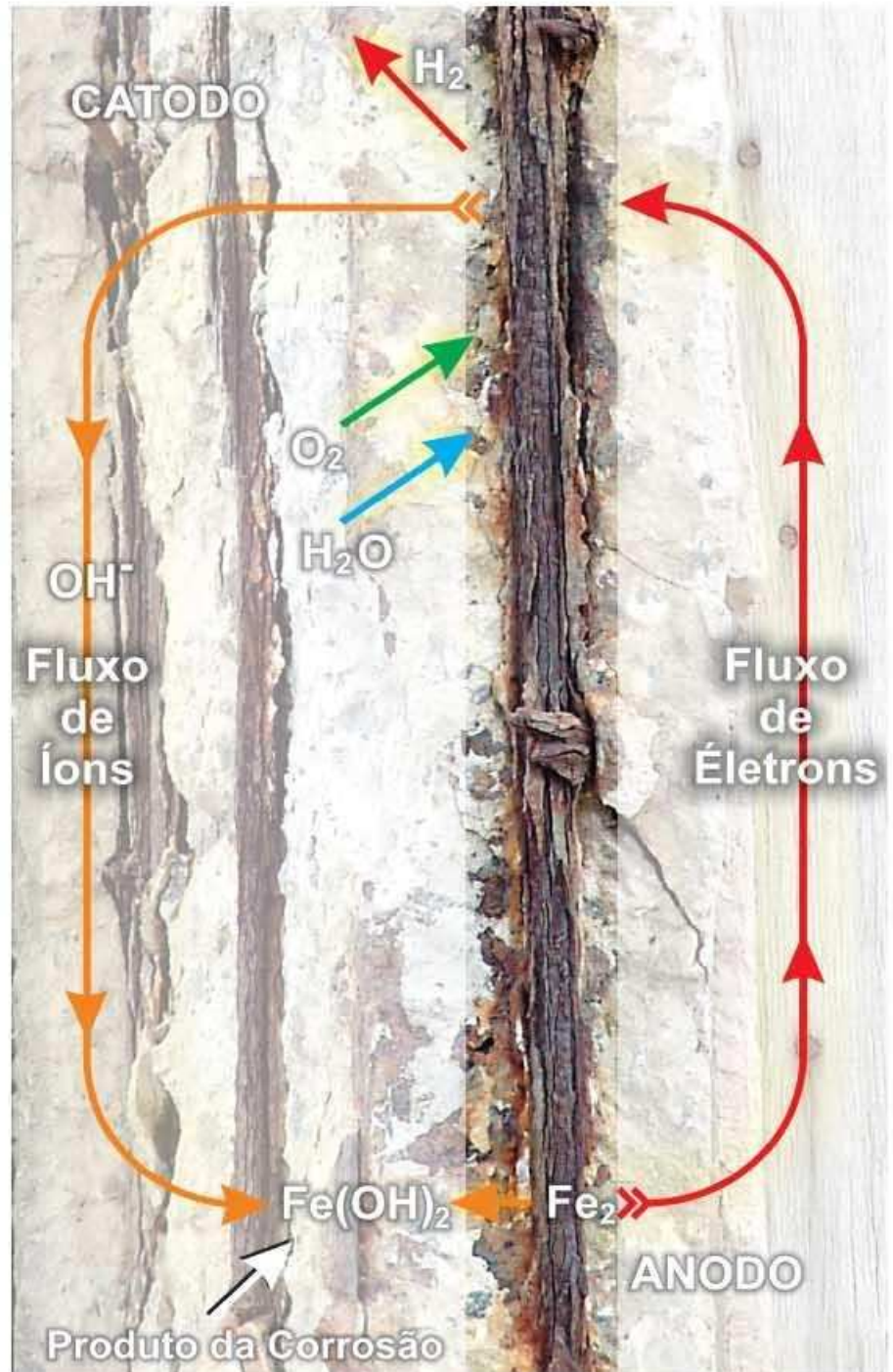
dióxido de carbono etc, os quais formam outros produtos de corrosão diferentes do hidróxido ferroso, tais como  $Fe_2O_4$ ,  $Fe_2O_3$  ou  $FeO$ , entretanto o processo da corrosão é o mesmo, apenas muito mais acelerado.

A tendência à corrosão pode ser medida pelo diferencial de potencial entre as áreas anódicas e catódicas da superfície de um mesmo metal. Cada metal possui diferente potencial eletroquímico em sua superfície, o Fe (ferro) possui - 0,44 volt, Zn (zinco) - 0,76 volt, assim, entre eles havendo uma solução, estaremos formando uma "pilha", onde o mais negativo (Zn) será o anodo e o Fe o catodo, os elétrons do zinco tenderão a migrar para o ferro, neutralizando-o. Neste processo o zinco tenderá a se oxidar, preservando o ferro. A diferença de potencial (volt) neste processo é de  $- 0,76 - (- 0,44) = - 0,32$  volt e a quantidade de corrente (ampère) que fluirá será inversamente proporcional à resistência (ohm), determinada pelos elementos da pilha.

No concreto estrutural a água intersticial funciona como solução devido a sua carga de íons tais como Magnésio, Sulfatos, Nitratos e principalmente Cloretos devido a sua alta concentração. Os concretos de boa qualidade protegem a armadura por propiciar proteção mecânica, devido a boa dosagem, recobrimento adequado e baixo índice de vazios, além de ser um meio alcalino, com pH entre 12 e 13. Já os concretos permeáveis, com trincas ou fissuras estruturais ou decorrentes de curas inadequadas permitem fácil acesso aos elementos agressivos, tais como água e gases.

Uma estrutura de concreto para ser devidamente avaliada precisa ter seus diversos aspectos cuidadosamente analisados, pois a ferrugem tanto pode estar com situação passiva, em estado recuperável, ou ainda em estado de ruína total, onde a degradação está tão avançada que não há mais possibilidade econômica de recuperação durável. Estes aspectos devem ser analisados na estrutura como um todo e separadamente, nas suas partes e distintos elementos estruturais.

O potencial do processo de oxidação depende da solução intersticial e conseqüentemente do pH do meio, assim pode-se relacionar o potencial de corrosão com o pH para as condições: corrosão - onde os produtos da corrosão são solúveis e a



**O esquemático da corrosão, que se processa em nível micro, está apenas de forma ilustrativa em escala macro sobre a ferrugem oxidada**

corrosão tem continuidade, passivação - onde os produtos da corrosão são insolúveis, atenuando a corrosão, ou ainda imunidade - onde não há corrosão.

A velocidade com que a corrosão ocorre é proporcional à corrente que trafega, que é função dos íons presentes e da quantidade de vazios do concreto e a resistência à corrosão é função das resistências existentes no anodo, no percurso iônico, no catodo e no meio eletrônico através

do ferro. Esta resistência também é influenciada diretamente por correntes externas ou overvoltage.

Para correntes externas com sinal positivo, teremos uma overvoltage anódica e sinal negativo overvoltage catódica. Na superfície do metal teremos na overvoltage anódica elétrons partindo da região anódica para a catódica, onde se combinam com os elementos da solução, gerando corrente catódica que retorna ao anodo.



# Morte do concreto

O concreto tem uma vida útil, como todo material de construção e tudo o mais que existe, sua vida útil pode durar séculos ou poucos anos, do mesmo modo o resultado de sua recuperação. A vida do concreto depende de sua qualidade e também das ações físicas e químicas que sofreu, bem como de sua manutenção.

As tensões físicas e ações químicas meteorizam o concreto e promovem sua desagregação. Assistimos estas ocorrências sem que sejam tomadas medidas preventivas de conservação, como foi o caso da Fonte Nova.

O problema é complexo e os sintomas visíveis nem sempre permitem uma fácil identificação da origem do problema, que tanto pode ser decorrente da sua composição e execução como do meio ambiente onde está inserido e da falta de manutenção adequada ao longo de sua existência.

A evolução do ritmo de degradação do concreto está atrelada ao nível de agressividade dos líquidos de contato, com variações decorrentes do tipo de concreto e solubilidade dos produtos da decomposição, e se torna particularmente acelerada na ocorrência de baixas concentrações de hidróxido de cálcio e elevadas temperaturas.

A ocorrência de sais marinhos, em estruturas em contato com a água do mar ou transportados pelo vento, líquidos de contato com sais ou sulfato de sódio e carbonato de sódio, presentes em águas subterrâneas, proporcionam a cristalização dos mesmos após a evaporação, criando reações químicas adversas, pressões e deslocamento da superfície.

O contato com soluções ácidas provoca a dissolução de agregados calcários, bem como de componentes hidratados, não surtindo efeitos o aumento do FCK, pois o ataque é maior com a redução do pH. Em situação oposta, soluções extremamente básicas como o hidróxido de sódio, atacam agregados graníticos. O dióxido de carbono,  $CO_2$ , ataca e dissolve o carbonato de cálcio e o dióxido de enxofre,  $SO_2$ , também é altamente agressivo.

As águas sulfatadas por reação com o aluminato tricálcico da matriz cimentícia, formam a etringita que é extremamente expansiva.

Existe também o ataque biológico causado por bactérias que produzem  $CO_2$ ,  $SO_2$ , sulfatos, amônia, ácido sulfídrico e existem até as curiosas ferro-bactérias anaeróbicas (tipo a Galionela), que a partir da pirita, águas

ferruginosas ou componentes de rochas que contêm ferro na forma bivalente, produzem  $CO_2$ .

Importantes fontes de ataque ao concreto são os agregados, estes podem reter sais solúveis retidos por atuação higroscópica, que são liberados com a água de mistura ou de penetração, existindo ainda reações de agregados oriundos de escórias de alto-forno.

Tais elementos agressivos penetram no concreto pelos vazios, capilares, fissuras e trincas e reagem com o hidróxido de cálcio, podendo levar até a sua completa morte por irreversibilidade ou impossibilidade de recuperação. Tal fenômeno implica em três tipos distintos de reações, que podem ocorrer independentes ou em conjunto, que são as seguintes: Lixiviação, Troca iônica e Expansão. A característica visual do concreto atacado é uma aparência esbranquiçada, localizada quando a ação é local (trincas) ou generalizada em função de percolação.

**Lixiviação** – É a hidrólise, enfraquecimento ou quebra das ligações químicas dos cristais solúveis do hidróxido de cálcio, resultantes da hidratação do cimento *portland*, sob ação de águas e soluções, transformando os íons de cálcio em óxido de cálcio, cal ( $CaO$ ). Este fenômeno é corriqueiro nas estruturas em constante contato com águas, tanto por condições de projeto como resultantes de deficiências de escoamento ou drenagem.

A velocidade de deterioração da estrutura por lixiviamento até chegar à sua morte, varia de acordo com as seguintes situações:

**1- Composição da solução** – A variação da composição e a concentração dos elementos nocivos, devido ao tipo de exposição ou falta de manutenção.

**2- Tempo de exposição** – O período de tempo em que a estrutura ficou exposta a ação da solução.

**3- Qualidade do concreto** – O traço, o adensamento e a cura influem decisivamente. A água dissolve facilmente o hidróxido de cálcio. Paradoxalmente concretos com altos teores de cimento, se não tiverem uma cura adequada, terão uma matriz cimentícia mais heterogênea e sensível.

**4- Permeabilidade** – Deve sempre ser impedida, por impermeabilização adequada, pois a solução primeiro dissolve o hidróxido de cálcio mais instável, depois lixivia o silicato de cálcio e os aluminatos. Este processo é acelerado

com altas temperaturas.

**5- Proteção superficial** – O tipo, a eficiência do material e a espessura do filme de proteção e impermeabilização, bem como sua manutenção é essencial.

**Troca iônica** – Este fenômeno se caracteriza pela reação provocada pelas substâncias que se depositam na superfície do concreto e, a partir de trocas iônicas, resultam em substâncias solúveis, que facilmente penetram na estrutura atacando o concreto internamente.

**Expansão** - Ocorre devido aos cristais resultantes das reações descritas nos dois processos anteriores. Os produtos das reações, ao se cristalizarem nos vazios do concreto, aumentam de volume na fase sólida, provocando grandes tensões internas. Como o processo inicia-se na superfície, nos concretos mais densos este fenômeno pode ocorrer por camadas e nos mais porosos de forma mais generalizada e quando ocorre neste caso, normalmente resulta em grandes dificuldades de recuperação ou a morte do concreto.

As estruturas de concreto aparente são as mais sensíveis, pois normalmente não recebem impermeabilização e a aplicação de tintas ou vernizes muito usados no passado, mostraram-se incompetentes para uma efetiva proteção.

Resultados de proteção estrutural eficiente são obtidos atualmente com a injeção de resinas de baixíssimas viscosidades, para preenchimento dos vazios e porosidades do concreto, impedindo a percolação e a aplicação de substâncias tipo Metacrilato, com viscosidade igual a da água, para preencher e monolitizar estruturas com trincas ou fissuras de reduzida espessura, da ordem de centésimos de milímetros. Também o uso de eficientes seladores de juntas de dilatação.

A recomendação final é que estas providências devem ser tomadas previamente, bem como a manutenção periódica, pois quando aparecem os sintomas os custos de recuperação são extremamente elevados e de durabilidade duvidosa ou não há mais possibilidade de recuperação, ocorrendo a Morte do Concreto, implicando na necessidade de substituição da estrutura.



# Avaliações e perícias de imóveis sob ameaça de corretores

**A**lém das tentativas de restrições de suas atribuições por parte de outras modalidades profissionais que também fazem parte do Sistema Confea/CREAs, os engenheiros civis estão sendo ameaçados agora pelos corretores imobiliários. O Conselho Federal de Corretores de Imóveis (COFECI) está tentando estabelecer por resolução, de conteúdo questionável, a atenção dos corretores na área de avaliação e perícia de imóveis.

A iniciativa do COFECI se baseia nos procedimentos determinados pela NBR 14.653, mas, ao mesmo tempo, contraria essa mesma norma técnica que estabelece a obrigatoriedade de atuação de profissional legalmente habilitado, para realizar avaliações e perícias. Para incluir profissionais não habilitados no Cadastro Nacional de Avaliadores Imobiliários, o COFECI vem patrocinando cursos, com cargas horárias de 30 a 40 horas.

A ação do COFECI infringe os fundamentos de uma correta avaliação e/ou perícia de edificações, para as quais são necessários conhecimentos acadêmicos básicos múltiplos, em áreas tais como: estruturas de concreto, aço e madeiras; fundações; alvenarias, instalações e revestimento; bem como conhecimento de reforma e recuperação estrutural, e que tal tipo de conhecimento só se



**Corretores imobiliários não estão habilitados a fazer avaliações e perícias técnicas de imóveis**

adquire com uma adequada formação acadêmica.

"Neste aspecto a engenharia civil é a única modalidade profissional apta a avaliar corretamente e periciar uma edificação ou obra em todos os seus aspectos, sendo regida pelos conhecimentos estruturais ou de mecânica dos solos e pelas demais engenharias em suas áreas específicas" afirma o vice-presidente da Abenc-BA,

Raimundo Borges.

Para ele, a competência do corretor imobiliário deve se ater, apenas, a avaliações sem atuação na área de perícias e, mesmo assim, restritas a "avaliação mercadológica", com base em dimensões, localização, descrição visual leiga e comparação por semelhança, caracterizando em uma avaliação "simplória" com valor apenas "opinativo". ▼

## Encontro de Lideranças

**A** direção da Abenc-BA, representada pelo vice-presidente Raimundo Borges e o diretor Carlos Marden, participa da 3ª edição do Encontro de Lideranças, realizado em Brasília, no Blue Tree Hotel, de 25 a 29 de fevereiro. O evento reúne presidentes do Sistema Confea-CREA-Mútua que englobam o Conselho Federal e os 27 regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, além das 29 Entidades Nacionais de representação e integrantes das oito Câmaras Especializadas, responsáveis diretas pela principal ação exercida pelos CREAs: garantir a presença de profissionais habilitados em obras e empreendimentos da área tecnológica.

## Amparo Legal

Além da competência do engenheiro civil para o exercício de avaliações e perícias em edificações, Raimundo Borges destaca o amparo legal que legitima o profissional de engenharia em atuar na área:

- 1 - Lei Federal nº 5.194 e Resolução 345/90 do Confea
- 2 - NBR 14653 de ABNT
- 3 - A Constituição, quando no seu Artigo 5º, estabelece que devam ser atendidas as normas legais para o livre exercício profissional.
- 4 - O Código de Defesa do Consumidor, quando proíbe a prestação de serviço em desacordo com as normas da ABNT.
- 5 - Por último o envolvimento natural do Corretor, que atua comissionado nas transações comerciais, torna anti-ético seu envolvimento na estipulação de valores por meio de avaliações, pois assim estaria agindo simultaneamente como julgador e parte interessada.