

■ **Corrosão**

O manejo da semi-pilha pode provocar erros na leitura.
Pág. 12

■ **Análise**

Concreto armado- protendido. Novas estratégias de proteção.
Pág. 20

■ **Corrosão**

Investigando a corrosão na protensão II.
Pág. 30

RECUPERAR®

www.recuperar.com.br

PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO

Ano 11 Setembro / Outubro 2005

67

IPACON
www.ipacon.com.br

Consolidação de Solos

Argilas moles e areias fofas

COMO CONSOLIDAS-LAS COM O MELHOR CUSTO BENEFICIO? CONHEÇA A MAIS MODERNA TÉCNICA DE COMPACTAÇÃO PROFUNDA CAPAZ DE VIABILIZAR OBRAS ATÉ ENTÃO IMPRATICÁVEIS.

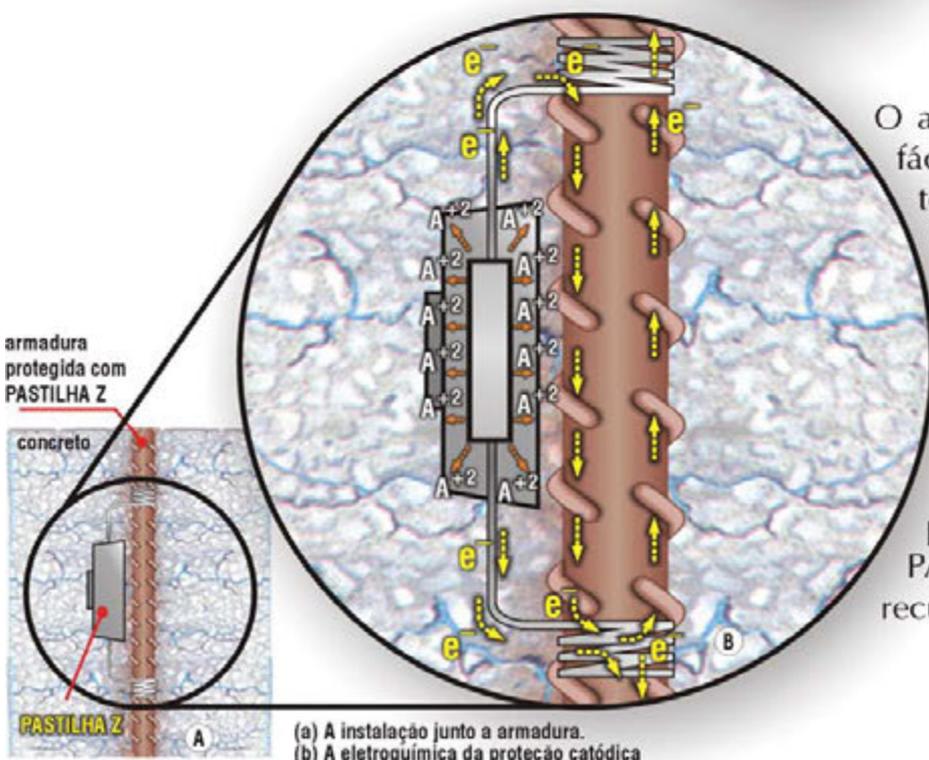
Consulta
O que é proteção catódica, como funciona e como aplicá-la.

Concreto armado-protendido sem corrosão?



Proteção Catódica

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



(a) A instalação junto a armadura.
(b) A eletroquímica da proteção catódica

PASTILHA Z

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 01

RECUPERAR®

www.recuperar.com.br

INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO
www.ipacon.com.br

PROGRAMA

04 SOLOS

Consolidação profunda

Um novo método de consolidação profunda para solos moles ou fofos viabiliza obras até então impraticáveis.

12 CORROSÃO

Afinando a corrosão

O manejo da semi-pilha pode provocar erros na leitura. Saiba como evitá-los.

20 ANÁLISE

Concreto armado-protendido. Novas estratégias para proteção.

É inadmissível, hoje, colocar peças estruturais de peito aberto, frente a frente ou em contato direto com qualquer tipo de fluido.

30 CORROSÃO

Corrosão na protensão II

Saiba porque todo e qualquer sintoma de corrosão no aço de estruturas de concreto protendido deve ser motivo de investigação.

PRÓXIMA EDIÇÃO

- Conheça a principal causa da falência das tintas de proteção.
- Tanques metálicos que estocam combustíveis: novas diretrizes.
- Fundações comprometidas nem sempre aceitam estacas como solução.

EDITORIAL

Em decorrência do crescimento pelo menos 3,5%, segundo as previsões mais recentes, e da recuperação do valor do real frente às principais moedas, o Brasil provavelmente chegará ao fim deste ano novamente entre as doze maiores economias do mundo. Isso significará também um avanço em termos de renda média da população, mas não o suficiente para situar o país entre nações desenvolvidas.

O tamanho do Produto Interno Bruto isoladamente não traduz o bem-estar de um povo, pois é preciso compará-lo, em primeiro lugar, ao total da população. E mesmo a renda média pode ser ilusória se não considerarmos como está distribuída entre os habitantes.

Daí as Nações Unidas terem adotado um indicador mais abrangente – o Índice de Desenvolvimento Humano, IDH – para avaliar a situação verdadeira de cada país. Além do PIB e da renda média, o IDH leva em conta fatores tais como escolaridade, acesso a serviços públicos, expectativa de vida ao nascer e a distribuição de renda.

Sem comemorar

Em função de seus graves problemas sociais, o Brasil não tem um IDH compatível com o tamanho da sua economia. Em 2003, dado do último levantamento, ocupava a sexagésima terceira posição entre os 177 países pesquisados pelas Nações Unidas.

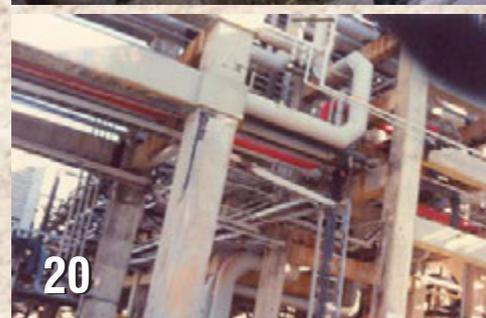
O ano de 2003 foi especialmente difícil para a economia brasileira, que sofreu com a reação do mercado financeiro internacional já no segundo semestre do ano anterior, diante do processo eleitoral. É bem possível que nos próximos IDHs o Brasil volte a subir alguns degraus na lista geral. A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) que o IBGE divulgará em breve já revelará essa tendência de melhora, em face do crescimento econômico de 2004. De qualquer forma, mesmo com essa melhora, a posição do Brasil no IDH está longe de ser motivo de comemoração. O futuro do país dependerá de investimentos econômicos e sociais. Na educação, por exemplo, a universalização está sendo atingida e vem aumentando o número de anos em que as pessoas estudam. No entanto, a qualidade do ensino continua deixando a desejar. Boa leitura.



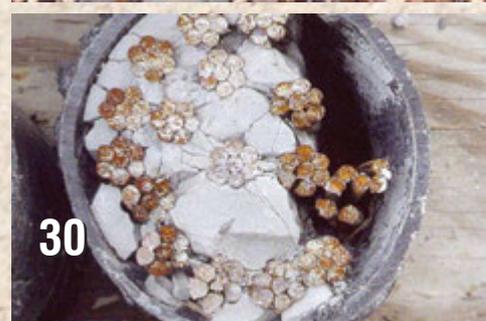
04



12



20

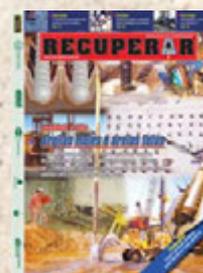


30

SEÇÕES

- 03 Editorial
- 26 Consulta
- 28 Vitrine de Produtos
- 29 Expediente
- 29 Agenda

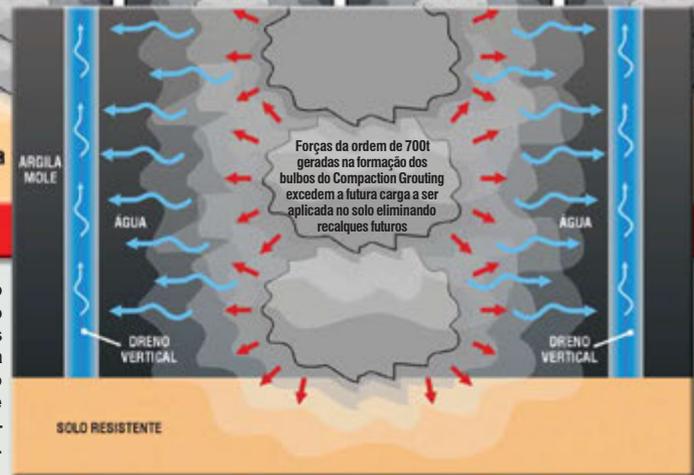
CAPA



Cinco maneiras de dar resistência a argilas moles e areias fofas. Um moderno método de compactação profunda sobressai.

Argilas moles e areias fofas

COMO CONSOLIDÁ-LAS COM O MELHOR CUSTO BENEFÍCIO? CONHEÇA A MAIS MODERNA TÉCNICA DE COMPACTAÇÃO PROFUNDA CAPAZ DE VIABILIZAR OBRAS ATÉ ENTÃO IMPRATICÁVEIS.



As cargas de pré-compressão, ou seja, o excesso de carga aplicada pelos bulbos do Compaction Gouting e a instalação de drenos verticais, ambos ao longo da camada compressível, encurtam drasticamente o tempo necessário à consolidação primária e até secundária para poucas semanas, neutralizando qualquer possibilidade de recalque futuro.

SOLOS

Jorge Luiz F. Almeida

O fato é que cada vez mais estamos lidando com solos ruins, invariavelmente com uma diversidade de turfas e verdadeiros pântanos, com a obrigação de encarar o problema, ao invés de, como era de costume, evitar tal região ou mesmo modificar o projeto. Trata-se de arranjar meios de construir sobre solos muito fofos ou muito moles. No entanto, a regra é clara: deve-se garantir a estabilidade das fundações e a manutenção das deformações verticais (recalques) e horizontais dentro de limites aceitáveis, de acordo com as características da obra.

A resposta a este desafio surgiu com a evolução das técnicas invasivas de acesso a estes solos. Melhorar um solo ruim

é sinônimo de compactá-lo ou consolidá-lo, relacionando sua resistência cizalhante às tensões efetivas, com os fenômenos da coesão e do atrito servindo de ponte pênsil, de modo a atender às necessidades dos projetos. Genericamente, melhora-se as condições de um solo diminuindo seu volume, o que implica em aproximar suas partículas, expulsando o ar e a água dos poros. Três propriedades são conseguidas desta maneira:

- aumento de sua resistência;
- redução de sua compressibilidade, e
- redução de sua permeabilidade (tipicamente solos de barragens).

GLOSSÁRIO

- Índice de vazios** – relação entre o volume de vazios e o volume das partículas do solo.
- Fatura hidráulica** – fraturamento nas paredes de um furo aberto no solo, mediante aplicação de fluido sob pressão crescente em seu interior.
- Poropressão** – pressão que atua na água contida nos vazios do solo. O mesmo que pressão neutra.
- Compressibilidade** – propriedade de um solo quanto a sua susceptibilidade à diminuição de volume sob o efeito de uma carga, que pode ser externa ou interna.
- Tensão efetiva** – parcela da tensão total aplicada em um solo, suportada pelo esqueleto sólido, responsável pela resistência e pela deformação.
- Recalque** – deformação vertical do terreno, resultante da aplicação de cargas ou de seu próprio peso.
- Coefficiente de adensamento** – tem a ver com o desenvolvimento da poropressão, em função do tempo, e a quantidade de água que drena dos vazios de um prisma de solo devido ao adensamento primário.

SUBSTITUINDO SOLO?



Existe maneira mais moderna, inteligente e barata para consolidar solos sem resistência em grandes áreas.

COMPACTION GROUTING

Peça hoje mesmo informações.

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

Todas concorrem para a densificação do solo, que pode ser conseguida com três métodos básicos:

- **Compactação** - tradicionalmente feita nas camadas superficiais utilizando-se equipamentos mecânicos.
- **com Pré-carregamento** - utilizando-se geralmente aterros como cargas temporárias.
- **Drenagem** - removendo-se a água dos poros do solo e/ou reduzindo sua poro pressão, utilizando-se drenos.

Estes três métodos de consolidação ou compactação, que objetivam densificar o solo, podem ser feitos separadamente ou em conjunto.

Como fazer a consolidação profunda do solo?

Consolidar ou compactar camadas profundas de solos moles costuma exigir remédio amargo e caro, o que geralmente inviabiliza projetos ou, simplesmente, obriga a estrutura a conviver com grandes recalques. Quando pode. Existem cinco métodos tra-

dicionais de consolidação profunda, bastante onerosos por sinal. São eles:

- **Estaca cilíndrica vibratória** - consiste em um vibrador vertical que energisa



A estaca cilíndrica vibratória.

(15hertz) uma estaca cilíndrica e pesada, normamente com 15m de comprimento e 75cm de diâmetro. A estaca é suspensa e, uma vez energizada, começa a penetrar em solos, unicamente arenosos.

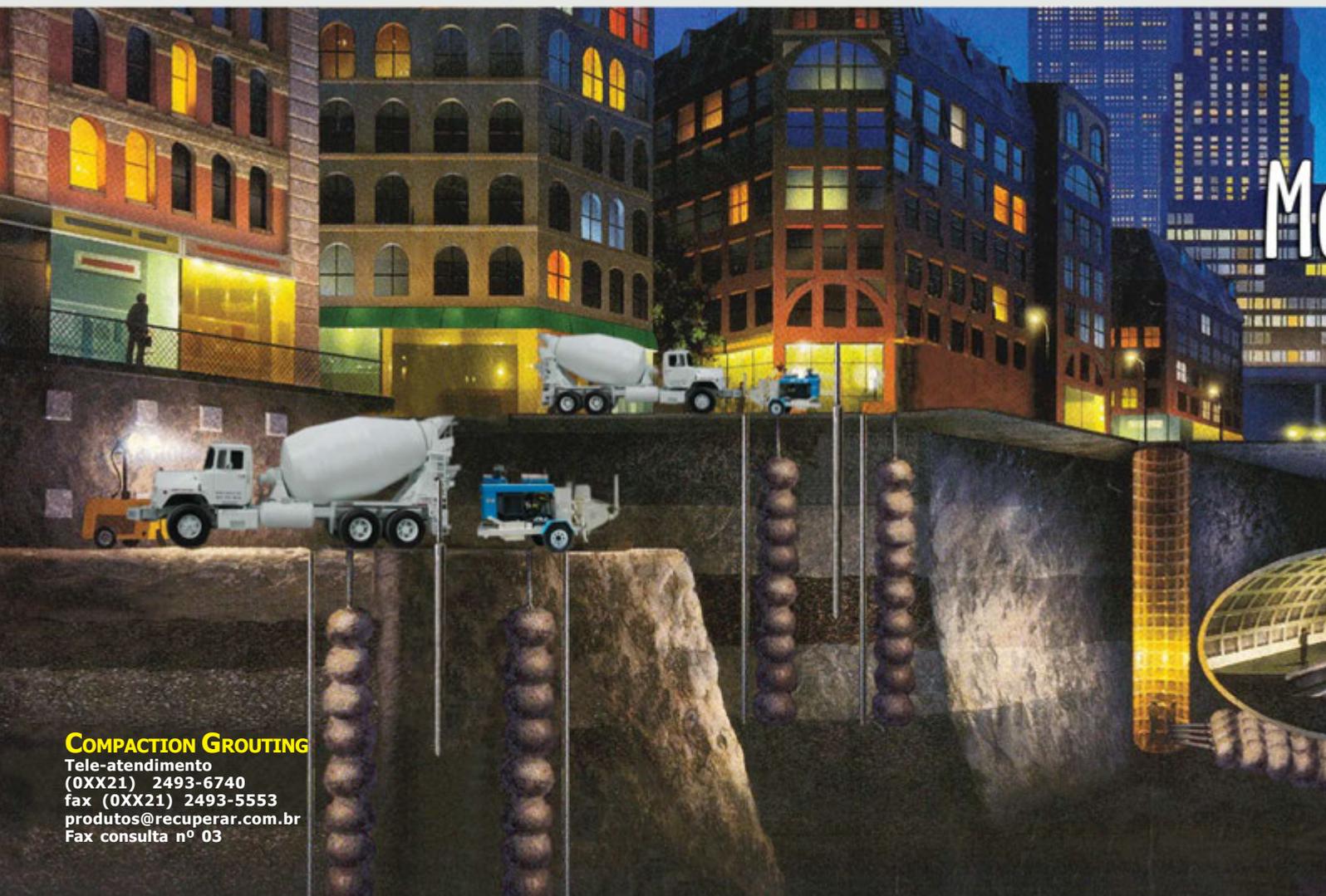
- **Sonda que lava e vibra** - emprega vibrações mecânicas junto com jatos d'água. É utilizado basicamente em solos areno-

so. Em solos argilosos apenas com mais de 18% passando na peneira 200.



A sonda que lava e vibra.

- **Compactação com ressonância** - utiliza ondas vibratórias que se propagam através das camadas de solos, podendo ser amplificadas por vibração com ressonância. Este fenômeno ocorre quando a frequência dominante de propagação das ondas coincide com a frequência



COMPACTION GROUTING

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 03

natural de uma ou de várias camadas de solos.



A compactação com ressonância.

- **Compactação ou consolidação dinâmica** - consiste na utilização de um grande peso, de 10 a 20 toneladas, que cai de alturas de 30 metros sobre solos unica-



A compactação dinâmica.

mente arenosos. Atualmente já se utiliza sobre solos coesivos com enorme limitação. No início dos serviços, costuma-se forrar o terreno com colchão de areia de 1 a 2m de espessura.

- **Aterros provisórios com drenos verticais** - é um pré-carregamento que geralmente emprega geotexteis, geogrelhas e



A execução de aterros provisórios sobre drenos verticais.

drenos verticais ou estacas granulares com o objetivo de acelerar recalques, viabilizando a ação de cargas futuras.

Das técnicas apresentadas, o uso de pré-carregamento sobre solos moles, na forma de aterros, é a prática mais utilizada no Brasil. Esta técnica de acelerar recalques exige tempos longos, geralmente proporcionais ao quadrado da altura da drenagem efetuada. O grau de consolidação primária obtido tem a ver com altura da camada do solo compressivo, geralmente pequena.

Modificação do solo sem complicações?



Quando o assunto é argila mole pense **Compaction Grouting** e pronto. Consulte empresas especializadas.



Utilização de drenos verticais profundos e a formação de bulbos e colunas com o Compaction Grouting: melhoria substancial do solo de fundação.

Um novo e eficiente método de consolidação profunda

As palavras mágicas aqui chamam-se **GEODRENO RG**, um dreno vertical geossintético, fácil de instalar que, associado ao **COMPACTION GROUTING (CG)**, uma técnica de compactação estático horizontal profunda, promovem uma consolidação completa. Sabe-se muito bem que a utilização de geodrenos associada a pré-carregamento acelera o aumento da resistência do solo compressível, tornando-o capaz de receber cargas, na medida em que promove

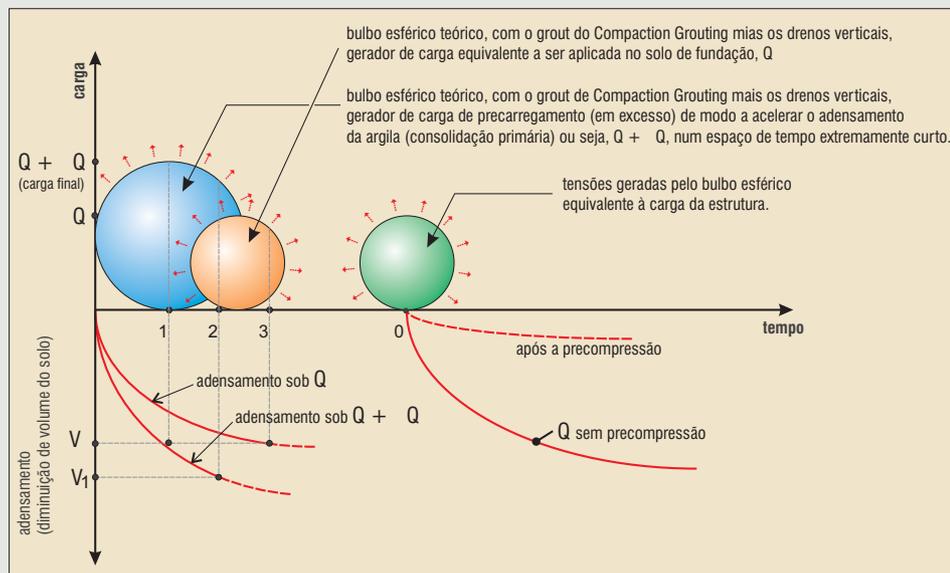
GLOSSÁRIO

Adensamento – redução rápida ou lenta do volume de uma massa de solo sob o efeito de seu próprio peso e/ou de cargas externas ou invasivas. Ocorre em 3 estágios sucessivos: inicial, primário e secundário.

Adensamento ou consolidação inicial – deformações elásticas cizalhantes imediatamente após a aplicação de uma carga. Não promove variação de volume do solo.

Adensamento ou consolidação primária – estágio de deformações em que ocorre a expulsão progressiva da água dos vazios da massa do solo, com redução significativa do seu volume. A poropressão tende a zero.

Adensamento ou consolidação secundária – estágio de deformações devido à compressão de seu esqueleto sólido, após a dissipação completa da poropressão.



Princípio da precompressão usando as tensões promovidas pelos bulbos do Compaction Grouting (carga bem superior a da estrutura para acelerar o adensamento ou consolidação primária). O espaço de tempo necessário à consolidação depende do espaçamento entre bulbos e drenos e varia de três a cinco semanas.

atalhos no caminho da drenagem da massa de solos moles e fofos. A inserção do **GEODRENO RG**, entre colunas do CG, tem o propósito de reduzir a altura máxima da drenagem à metade da distância entre suas posições. Quer dizer, a drenagem passa a ser 100% radial em função dos bulbos criados.

As características das colunas do CG, intercaladas também com malha quadrada de geodrenos, ao longo de toda a altura da camada do solo compressível, promovem o suporte necessário à estrutura. Estas mesmas colunas provocam tensões uniformes e rápidas de confinamento, formando e acelerando a drenagem radial de maneira até então inatingível. Ou seja, desconsiderando o efeito suporte das colunas do CG, toda a altura da camada do solo compressível confinado fica sujeito a de-

GEODRENO RG

*incomparável
para consolidação profunda*



Filtração

- rápida percolação

Separação

- evita a penetração do solo

Reforço

- interação com o solo

Proteção

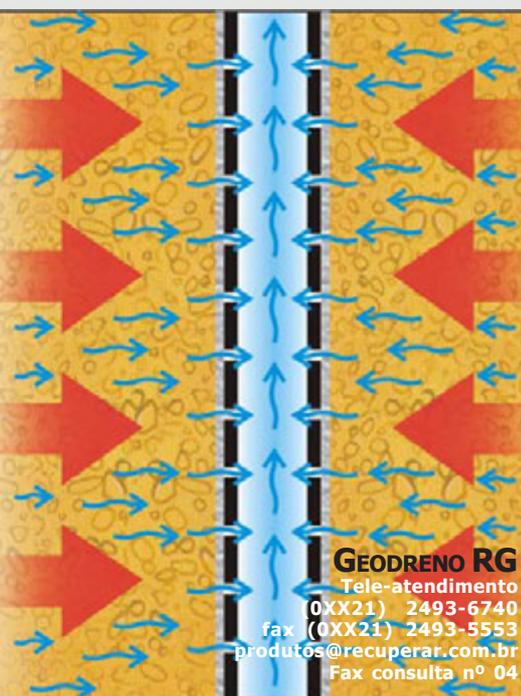
- absorve tensões

Drenagem radial

- zera as pressões neutras

Drenagem vertical

- escoamento incomparável



GEODRENO RG

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-6740

fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 04



A medida que se promove o Compaction Grouting, ou formam-se bulbos e colunas de grout, os geodrenos purgam imediatamente água: os bulbos geram forças da ordem de 200 toneladas.

formações iguais com drenagem radial acelerada, obtendo-se elevado grau de adensamento em poucos dias, mediante comprovação de ensaios de piezocone, SPT e prova de carga. O método ROGER-TEC de cravação dos DRENOS RG envolve a cravação de revestimento de 3"

com ponta cônica descartável. Uma vez atingida a cota de instalação do dreno, insere-se o DRENO RG, que tem ponta fechada, e retira-se o revestimento de 3". O nível médio de tensões periféricas criadas pela inserção das colunas do CG, da ordem de 20kg/cm², ao longo de toda a altura dos drenos verticais, promove cargas no solo equivalentes a 700 toneladas de força, otimizando excepcionalmente o conceito de drenagem e consolidação radial. Sem direito a reclamações de amolgamento ou qualquer distúrbio circunferencial

GLOSSÁRIO

Amolgamento – destruição da estrutura natural do solo por intenso manuseio.

Energia – capacidade de um corpo para realizar trabalho.

possivelmente causado na instalação dos drenos.

fax consulta nº 05



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Solos.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.
- Brown, R.E., (1977), "Vibroflotation Compaction of Cohesionless Soils", Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proceedings of ASCE, Vol. 103, No. GT12, Paper No. 13415.
- Mitchell, J.K., (1970), "in-Place Treatment of Foundation Soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 96, No. SMI Proc. Paper 7035.
- D'Appolonia, E., Miller, L.E., and Ware, T.M., (1953), "Sand Compaction by Vibroflotation", Proceedings, ASCE, Vol. 79, Separate No. 200.
- Mitchell, J.K., and Katti, R.K., "Soil Improvement: State-of-the-Art Report", Proceedings of the International Conference on Soil Mechanics and Foundations Division, Stockholm, Sweden.
- Soft Ground Improvement, D.T. Bergado, L.R. Anderson, N. Miura, A.S. Balasubramaniam, ASCE press.



**Instituto de Patologias
da Construção SOLOS**

tel.: (21) 2493-6740

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

**Tecnologia e Qualidade
em Investigações:
Este é o nosso Diferencial**

- PDA - Prova de Carga Dinâmica (NR-13208).
- PIT - Ensaio de Integridade.
- Prova de Carga Estática (sapatas e estacas).
- Controle de Recalques.
- Acompanhamento Técnico da Execução.
- Ensaios CPT-CPTU/PIEZOCONE (medida de pressão neutra).
- Ensaios DMT - "Dilatômetro de Marchetti".
- Ensaios "Vane Test".
- Ensaios DPL - Penetrômetro Dinâmico Leve.
- Ensaios de Perda D'água.
- Avaliação e Seleção de Áreas.
- Laudos Geológicos - Geotécnicos.
- Instalação de Poços de Monitoramento.
- Instalação de Inclínômetros e Piezômetros.

Bomba Versátil MAX RG10



BOMBA MAX RG10

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 06

Bomba universal com acionamento elétrico para o transporte, injeção e projeção de tintas, natas e argamassas bombeáveis de consistência plástica e fluida com granulometria máxima de 2mm. A Bomba RG10 possui pressão de trabalho de 30kg/cm² e variação de velocidade de bombeio. RG10 é a bomba ideal para sua obra. Está à disposição dos clientes para aluguel e vendas.

Nada de placebos*. Nossas soluções realmente funcionam.

Ao projetar ou fazer sua obra de recuperação em estruturas de concreto ou solos, consulte-nos. Parcerias com quem apenas receita o “material adequado” é perigoso e pode sair caro.

O melhor parceiro para você e sua obra conhece e discute seu problema antes de tudo. A ROGERTEC tem um dedicado time de consultores de materiais de recuperação ao seu dispor, que discute seu problema.

Nossa especialidade é dar soluções personalizadas, feitas sob medida para sua obra, seja de recuperação de estruturas, fundações ou consolidação de solos.

Não aceite apenas a prescrição de “remédios”. Procure um patologista da construção. Soluções com materiais sob medida para sua obra de recuperação são a nossa especialidade .

* Efeito placebo - efeito produzido por procedimentos e materiais que agem apenas por sugestão.



Soluções e Materiais Personalizados

www.rogertec.com.br
rogertec@rogertec.com.br
tel.: (21) 2494-4099
fax: (21) 2493-5553

Isolamento Térmico de Coberturas



- Aplicação de spray de poliuretano sobre cobertura metálica, cimento amianto ou concreto pré-moldado.
- Elimina condensação.
- Único auto-extinguível Classe R-1.
- Garantia de 5 anos.

P.U. THERM

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

Iliescu Recuperação e Reforço de Estruturas

Engº Marcelo Iliescu
Consultor

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

Atendemos em todos os estados

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

Pavimentos com trincas e fraturas?

ENCHE-TRINCAS neles

- Preenche e veda trincas e fraturas em pavimentos, particularmente de aeroportos..
- É elastomérico e tem memória química.
- Assegura rapidez e segurança.
- Custo benefício incomparável.
- Diversos diâmetros. É fornecido em rolos.
- Conheça hoje mesmo a tecnologia do ENCHE-TRINCAS

ENCHE-TRINCAS

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 08



SIGEDE
INTERNET

O **Sigede** é um sistema baseado em tecnologia WEB que tem como um dos principais objetivos determinar e gerenciar o fluxo de elaboração de documentos de engenharia, proporcionando o acompanhamento do estágio de desenvolvimento em que se encontram, assim como cumprir a função de repositório de arquivos em suas diversas versões, com todo o histórico disponibilizado.

Fornecer instrumentos ágeis de pesquisa que irão relatar toda a vida de um determinado documento ou de um grupo deles, assim como possibilitar rápido acesso ao documento desejado.

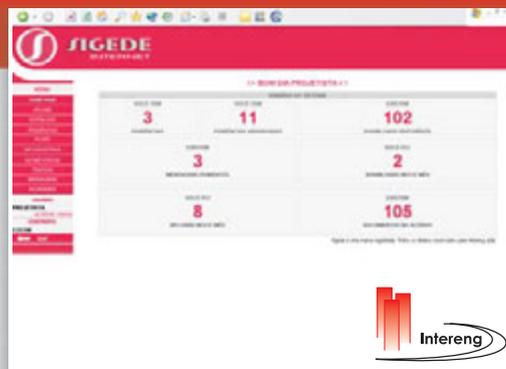
Gerenciar a necessidade de atualização de arquivos obsoletos por usuário, documentos não recebidos, documentos anexados no dia ou dentro de períodos.

Gerenciar pendências para cada usuário em função do status em que se encontram os documentos.

Propiciar a elaboração de comentários "on line" que ficarão registrados no sistema..

Visite nosso Site, lá você poderá fazer download da demonstração de toda a rotina do sistema SIGEDE.

www.sigede.com/v1
Entre em contato conosco:
admin@intersist.com.br



Temos a experiência que você quer em qualquer parte do Brasil.



reforço
estrutural

- Impermeabilização por injeção em estruturas de concreto;
- Consolidação de turfas e areias orgânicas com Compaction Grouting (CG);
- Recuperação e reforço de estruturas;
- Tratamento da corrosão no concreto armado e protendido com proteção catódica.

REITEC
ENGENHARIA

reitec@reitec.com.br tel.: (31) 3291-9552
fax: (31) 3292-4078



impermeabilização

Medindo a corrosão

O MANEJO DA SEMI-PILHA PODE PROVOCAR ERROS NA LEITURA. SAIBA COMO EVITÁ-LOS.

Pilar em indústria que expõe gases corrosivos: sério processo de corrosão nas armaduras e deslocamento da grossa camada de recobrimento. Barreiras com grandes recobrimentos ou pinturas apenas retardam o início do processo de corrosão. Uma vez iniciado o processo, a barreira perde seu significado, podendo haver deslocamento com qualquer espessura.

CORROSÃO

Joaquim Rodrigues

A medida dos potenciais de corrosão feitos nas estruturas de concreto armado-protendido com a semi-pilha, ou seja o conjunto formado por um voltímetro especial e um eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre é a porta de entrada para o conhecimento do estado de corrosão de suas armaduras ou cordoalhas.

Esta ferramenta, simples e prática, também avalia se o tratamento da corrosão feito com proteção catódica (PC) é eficiente e se a corrosão está absolutamente controlada. Para evitarmos erros nas leituras é muito importante, antes de mais nada, conhecer todas as informações pertinentes no guia técnico para “medição dos potenciais de corrosão em estruturas de concreto armado-protendido”. Numa etapa seguinte, após a instalação da PC, também podem

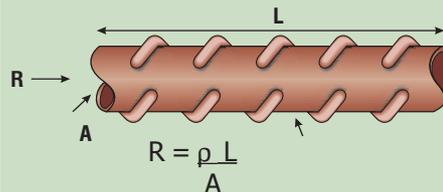
Conheça mais sobre a Resistividade

É a capacidade de um material de comprimento e área de seção unitários resistir à passagem de corrente elétrica, tanto através de sua seção quanto pela sua superfície. A resistividade de seção ou de volume tem como unidade o ohm.cm e a resistividade da superfície tem como unidade o ohm. A resistividade da seção ou de volume é dada pela fórmula:

$$\rho = \frac{R \times A}{L}$$

R - resistência em ohms
A - área de seção em cm²
L - comprimento em cm

Como a resistividade do aço é 18×10^{-6} poder-se-á calcular a resistência de uma barra de armadura de comprimento conhecido. A área da seção da barra é dada por: $A \text{ (cm}^2\text{)} = \pi r^2$ onde: r - raio em cm.



Assim, teremos um grande fluxo de corrente quando:

- a camada de recobrimento do concreto ou a superfície do aço apresentar baixa resistividade ou alta condutividade.
- houver barras de aço curtas.
- houver armaduras de calibre grosso, ou seja com grande seção.

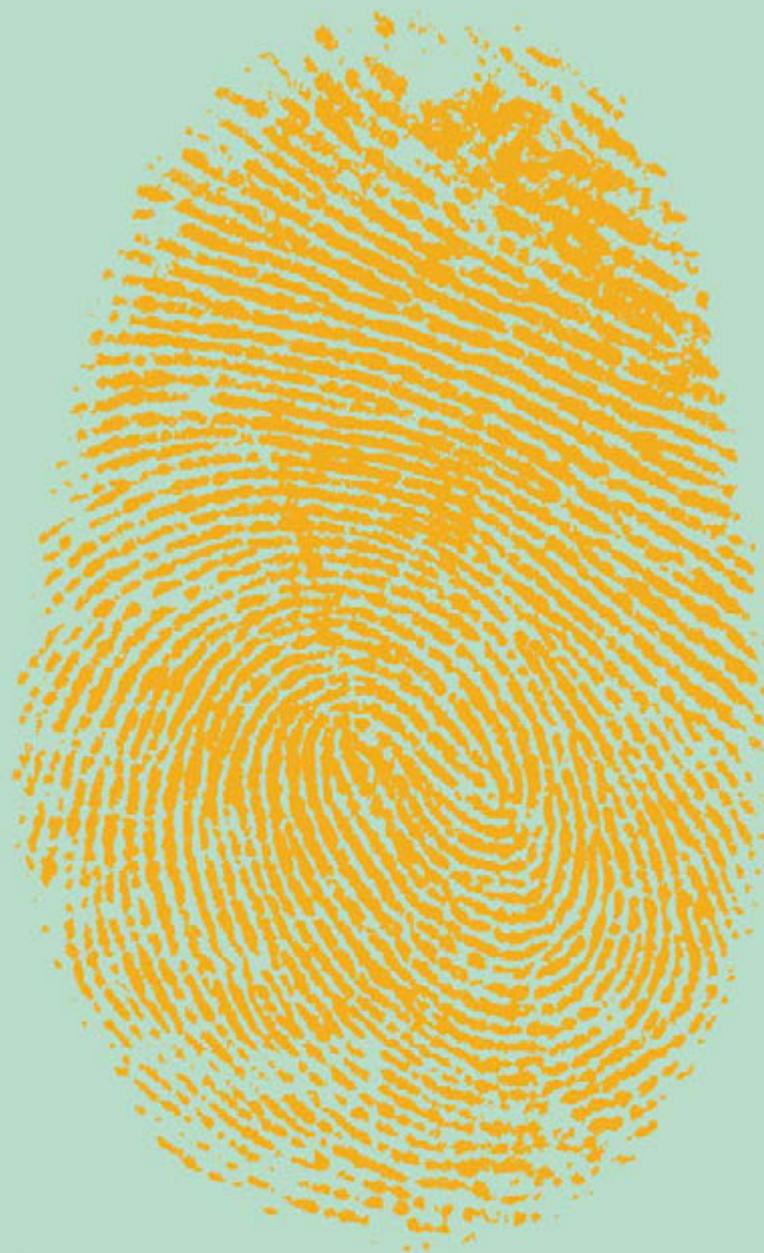
Por outro lado, teremos pouco fluxo de corrente ou grande resistência quando:

- o concreto apresentar alta resistividade ou baixa condutividade.
- camadas de recobrimento espessas.
- armaduras de calibre fino para o fluxo de corrente.

Resistividades típicas (em ohm.cm)

Ferro	$9,80 \times 10^{-6}$
Aço	$18,0 \times 10^{-6}$
Zinco	$5,75 \times 10^{-6}$
Água da bica	$3,0 \times 10^3$
Água do mar	$3,0 \times 10^1$
Concreto (diversos)	$1,0 \times 10^2 \text{ a } 5 \times 10^5$

*A insegurança no momento da
verificação dos potenciais de corrosão
das estruturas de concreto armado-protendido acabou.*



Guia técnico para

*Medição dos Potenciais de Corrosão
em
Estruturas de Concreto Armado-Protendido*

Instituto de Patologias da Construção



Referência do mercado

GUIA TÉCNICO
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 09



O teste com a semi-pilha preconizado pela ASTM C 876 posiciona os potenciais das armaduras com referência a atividade de corrosão na hora do teste. Um potencial de 350mV indica o início do processo de corrosão.

ocorrer incorreções na leitura. Daí a necessidade do conhecimento de possíveis fontes de enganos e do caminho mais curto para sua correção.

Conhecendo o circuito

Ao se submeter a superfície do concreto armado à verificação dos potenciais de corrosão com a semi-pilha, veja no box ao lado, na verdade estaremos diante de um conhecido circuito elétrico equivalente.

GLOSSÁRIO

Voltagem – é a energia que põe as cargas elétricas em movimento. Esta força é medida, nos trabalhos de corrosão, em milivolts ou microvolts..

Corrente – é o fluxo de cargas ao longo de um condutor metálico, seja um simples fio ou a própria barra da armadura ou cordoalha. Nos trabalhos de corrosão é medida em miliamperes e microamperes.

Resistência – resistência é a oposição ou a dificuldade que as cargas elétricas encontram quando se movem em um condutor. A medida é o ohm cujo símbolo é o Ω (ômega). Sua compreensão é importante quando se usa proteção catódica.

Esquema da medida dos potenciais no concreto armado e o circuito elétrico equivalente

Situação dos componentes físicos envolvidos ao se medir os potenciais no concreto armado.

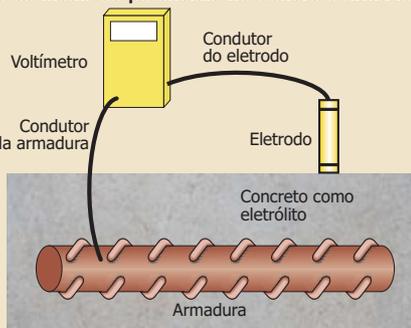
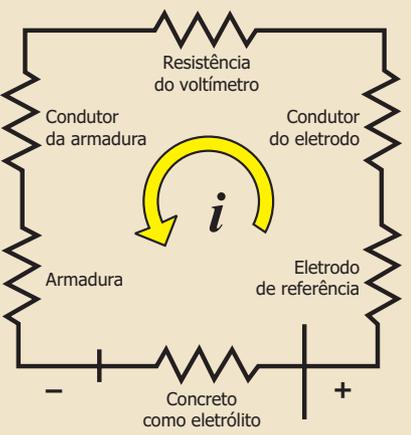


Diagrama elétrico das resistências e a corrente do circuito elétrico envolvido ao se medir os potenciais no concreto armado.



A voltagem existente, proveniente do estado de corrosão na armadura, nada mais é do que o potencial entre o eletrodo de referência e a superfície do concreto da peça estrutural. Durante a medição dos potenciais, estará fluindo uma corrente provocada por este



Pites de corrosão neste pilar de uma ponte junto ao mar.

potencial. A intensidade desta corrente é facilmente verificada pela lei de ohm, ou seja $I = E/R$ que, como se vê, torna-a inversamente proporcional à soma de todas as resistências do circuito. Se o potencial do circuito é 500mV e a soma das resistências é 10M Ω , teremos fluindo pelo circuito um milésimo de microampere.

Como se pode imaginar, ocorre uma diminuição ou, propriamente, quedas na voltagem na medida em que trafega-se por cada um dos elementos resistivos do circuito. Estas quedas de voltagem, IR, nada têm a ver com o potencial gerado pela corrente externa que flui pela solução intersticial (eletrólito). Tanto as quedas de voltagem no circuito quanto as quedas na voltagem externa, aplicadas pela instalação da PC, fazem parte ou compõem a medida do potencial e, conseqüentemente, sofrem erros.

TECNOLOGIA?

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 velocidade, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (deslocamentos).

só com
semi-pilha
CPV-4

CPV-4

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 10

Evite isto!



Verificação dos potenciais de corrosão e dos estragos relacionados em pilares de um viaduto.

Na maioria dos casos, no entanto, as resistências dos arames de ligação e do próprio concreto são bem menores, de maneira que as respectivas quedas de voltagem tornam-se insignificantes. Se usarmos o valor da corrente citado acima, um arame de ligação com 1Ω de resistência causará uma queda de voltagem de um milésimo de microvolts. Ou seja, valor extremamente pequeno, ou mesmo insignificante, para ser medido por qualquer voltímetro. Como a maioria dos eletrodos de referência tem uma resistência interna em torno de $1k\Omega$, a queda de voltagem, através deste aparelho, será algo como $1mV$, quer dizer um valor desprezível para este caso. A resistência do concreto com sua inseparável solução intersticial é extremamente variável, indo de valores muito baixos, como nos dias em que recebe chuva ou outro tipo de solução, a valores bem altos, como nas épocas de estiagem e sol.



Técnicos e engenheiros no curso sobre Proteção Catódica no concreto armado.

Assim, a estratégia mais adequada é selecionar um voltímetro cuja resistência interna (impedância de entrada) seja bem superior a qualquer outra resistência do circuito, de modo que a queda de voltagem através do voltímetro seja, considerando-se valores práticos, a mesma de todo o circuito.

A queda de voltagem (IR) externa

A corrente iônica externa que flui através da solução intersticial do concreto, promovida pela PC, situada entre o eletrodo de referência e a armadura, quer dizer na camada de recobrimento, promoverá sua própria queda IR, incorporando-se à medição como pequeno erro. Este erro pode vir a tornar-se substancial, caso haja correntes de interferência transitando pela estrutura. Um método comum de remover esta queda de voltagem IR é cortando a corrente da PC, através do desligamento do arame, o que provoca uma

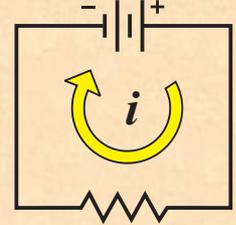
GLOSSÁRIO

- 1 miliampere – 0,001 ampere.
- 1 microampere – 0,000001 ampere.

 – resistor.

 – pilha ou bateria.

Circuito elétrico – é o caminho ou a trajetória que a corrente elétrica segue. Um circuito típico de corrente contínua. Por exemplo: suponha que a pilha tenha 1volt e uma resistência de 1.000ohms



$$\text{logo } I = \frac{E}{R} = \frac{1}{1000} = 0,001A = 1mA$$

Obs.: Use as unidades volt, ampere e ohm para entrar na lei de ohm.

- Mega** – tem como símbolo M e equivale a 10^6 .
- Micro** – tem como símbolo μ e equivale a 10^{-6} .
- Mili** – tem como símbolo m e equivale a 10^{-3} .
- Kilo** – tem como símbolo K e equivale a 10^3 .

queda instantânea de voltagem externa IR. O potencial que aparece no display, imediatamente após esta queda, é o desejado potencial livre e desimpedido de qualquer queda IR que rola nas armaduras.

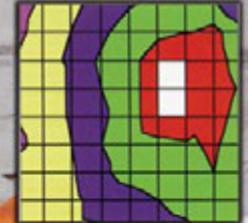
Use voltímetros específicos

Voltímetros projetados para medir potenciais de corrosão devem possuir impedância de entrada específica, em torno de $250M\Omega$. É comum utilizar-se voltímetros digitais com impedância de entrada de $10M\Omega$ o que, cer-

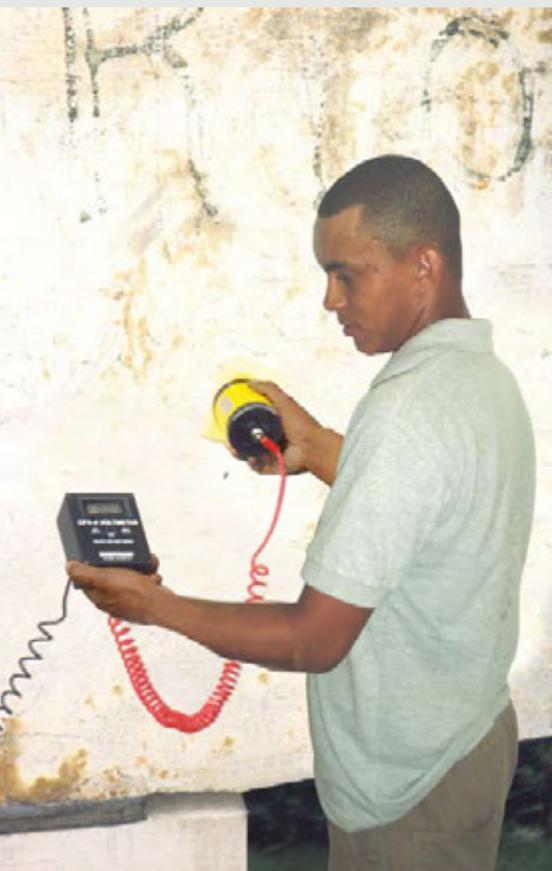
Medidor de resistividade

O RESI é um equipamento medidor da resistividade do concreto, totalmente digital, inteligente, capaz de armazenar 2500 valores medidos, passando-os para você na forma de uma planilha, através de seu software.

RESI ResistivityMeter 110 00110208									
100020	23	129	4	38					
38	30	27	20	17	14	14			
34	29	24	18	12	12	9			
32	26	23	15	13					
32	28	23	16	13					
32	28	23	17	13					
34	29	24	16	14	11	9			
29	26	25	17	14	13	10			
28	28	26	20	18	16	14			
28	29	26	25	19	18	17			



RESI
 Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-6740
 fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 11



A verificação do estado de corrosão na lateral de uma viga caixão, sobre um pilar, em um viaduto.

tamente, provoca erros de leitura. Vamos imaginar uma peça de concreto armado com potenciais de proteção catódica em torno de 900mV. Quer dizer, após a instalação da proteção catódica, conferiu-se este potencial. A resistência do circuito, fora o voltímetro, tinha 10MΩ. Ou seja, este valor é

0,1% da resistência total do circuito (10MΩ). Quer dizer, 0,1% da voltagem irá cair no circuito, desconsiderando o voltímetro e 99,9% será medido pelo voltímetro. Se a estrutura de concreto está seca, sua resistência externa poderá ser de 1MΩ ou até mais. A resistência total do circuito agora será de aproximadamente 11MΩ, com 90% sendo no voltímetro e 10% fora do voltímetro. A queda de voltagem neste caso seria, de forma similar, dividida com 810mV através do voltímetro e 90mV fora dele. Erros ocasionados por queda de potencial IR no circuito tornam a leitura dos potenciais mais positiva. De um modo geral, quando duas leituras sucessivas apresentarem o mesmo potencial, certamente não haverá erros de queda IR. Caso não se obtenha duas leituras sucessivas, dever-se-á utilizar um voltímetro potenciométrico ou dois voltímetros com resistência de entrada diferentes. Para estes dois casos consulte o Instituto de Patologias da Construção para maiores detalhes.

O eletrodo de referência

Estes equipamentos são extremamente sensíveis à temperatura ambiente, à luz do sol, às resistências nos contatos e, finalmente, à falta de cuidado em sua manutenção. Ponto para os eletrodos de referência permanentes que, uma vez instalados, não sofrem estes problemas.

A temperatura ambiente afeta os eletrodos de cobre sulfato de cobre (ECS), já que possuem um coeficiente térmico de 0,9mV por cada grau Célcius, o que é significativo em nossas condições. Por exemplo, suponhamos que se encontre -860mV após a instalação da PC com, digamos, TELA G, com uma temperatura ambiente de 32°C. Se esta mesma leitura ocorrer quando a temperatura cair para 5°C, típico de uma tarde fria no sul do país, esta diferença de temperatura causaria uma mudança positiva de cerca de 25mV, promovendo um potencial de -835mV.

Por outro lado, a luz direta do sol sensibiliza também os eletrodos de cobre-sulfato de

GLOSSÁRIO

Correntes de interferência – também chamada correntes vagabundas. São as correntes externas que aparecem na estrutura e que nada têm a ver com a proteção catódica. Promovem corrosão. A chamada corrosão por correntes de interferência.

Impedância – é a resistência que um circuito oferece ao fluxo de corrente. Sua unidade é o ohm.

Potencial de circuito aberto – é o potencial de corrosão de uma região da armadura do concreto, medido com uma semi-pilha, sem qualquer presença de fluxos de corrente estranha.

Polarização – é a mudança que ocorre no potencial de circuito aberto quando se aplica proteção catódica, ou seja está passando corrente na armadura.

eletrólise – ação que ocorre quando uma corrente elétrica contínua é forçada a passar através de uma solução ou eletrólito, decompondo-o.

Condutância – é o oposto da resistência.

Circuito aberto – circuito elétrico interrompido. A eletricidade não pode fluir.

Proteção catódica – sistema que interrompe a corrosão do aço, tornando-o catódico devido a formação de uma pilha galvânica.

Passivo – estado de uma superfície metálica caracterizada por baixa velocidade de corrosão.

Potenciometria – medição de voltagens em sistemas eletroquímicos com potenciômetro.

Potenciômetro – equipamento utilizado para medir diferenças de potencial entre partes do circuito de um aparelho.

O melhor amigo do dono da empresa de recuperação

As Semi-pilhas Permanentes RG podem ser de prata-cloreto de prata-cloreto de potássio e de cobre-sulfato de cobre. Simples de instalar e de usar. Basta um voltímetro e pronto. Você tem a informação do que está ocorrendo em sua estrutura.

Pense em monitoramento automático.

Pense em semi-pilha permanente RG



Semi-pilha Permanente RG

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



“Pinturas protetoras” que mascaram um verdadeiro estado de corrosão em um pilar de ponte pintado com epóxi. Note as manchas de corrosão no concreto.

cobre (ESC). Quer dizer, são foto sensíveis. Como a maioria dos copos que contém a solução de sulfato de cobre são transparentes, poder-se-á obter diferenças de até 50mV quando se trabalhar com o sol a pino. Para evitar este problema, nestas condições, basta apenas revestir o copo com uma fita crepe comum.

A resistência de contato entre a ponta de cerâmica do eletrodo e a superfície do concreto pode ser extremamente alta. Se posicionarmos, simplesmente, a ponta de cerâmica do eletrodo na superfície seca da peça de concreto armado já protegido com a PC, certamente teremos potenciais de circuito aberto. Por isso é que, quando se faz a leitura, adapta-se uma esponja molhada, igual a que se usa em cozinhas, na ponta do eletrodo, fixando-a com um elástico. Adicionalmente, dever-se-á pulverizar previamente as superfícies do concre-

to com um spray contendo água potável e algumas gotas de sabão líquido, para promover maior penetração. Caso a camada de recobrimento seja bem espessa e o ambiente esteja quente e seco, o que é bem comum, poderá ocorrer que a pulverização molhe apenas um ou dois centímetros da camada do recobrimento. Ou seja, poderemos ter um ou mais centímetros da camada restante do recobrimento do concreto com alta resistência entre o eletrodo e a armadura. Erro na certa. A solução é pulverizar a superfície no dia anterior, mantendo-a constantemente molhada até a hora da leitura, cobrindo-a com um geotêxtil molhado. É a única maneira de diminuir a resistência nestes contatos.

Ainda com relação à ponta de cerâmica porosa do eletrodo, a solução de sulfato de cobre que permeia pela cerâmica, permitindo a condutância, sempre seca após sua utilização. Com a secagem, suas cavidades (da cerâmica) ficam parcialmente entupidas de sal de CuSO_4 , o que aumenta a resistência elétrica. Este processo é progressivo, aumentando cada vez mais a resistência, até o ponto em que a cerâmica fica totalmente obstruída ou resistiva. A solução é ferver, por uma ou duas horas, a ponta de cerâmica em água destilada. Se a ponta de cerâmica ficar entupida de forma permanente é hora de substituí-la.

GLOSSÁRIO

Pilha galvânica – gerador de corrente elétrica pelo contato de metais diferentes em um mesmo eletrólito

Passividade – potenciais que numa superfície metálica adquire, devido a incrustação de uma película impermeável de óxidos ou outro produto, tornando-os bem mais positivos que a superfície original limpa.

Eletrólito – substância não metálica que transporta corrente elétrica. Substância que, uma vez dissolvida em água, dissocia-se em íons, tornando-se assim um transportador de corrente elétrica.

Como proceder para não ter problemas?

Eletrodos de referência de cobre-sulfato de cobre (ECS) precisam receber cuidados regularmente, promovendo-se a limpeza interna nos seus contatos, substituindo-se a solução de sulfato de cobre.

Como esta solução contém oxigênio dissolvido, reage com o eletrodo de cobre no interior do aparelho formando óxido de cobre (CuO), passivando-o e alterando o potencial de referência. Limpando-o uma vez por mês, eliminaremos estes problemas. A utilização de gel de sulfato de cobre estende para alguns meses a troca do eletrólito já que, praticamente, não há vazamentos e trocas com a atmosfera. O engenheiro ou técnico que for fazer o levantamento dos potenciais de corrosão com a semi-pilha precisa entender os problemas inerentes ao serviço, de modo a neutralizá-los ou, pelo menos, minimizá-los. Finalmente, confirmamos que é inadmissível trabalhar, no concreto armado, com voltímetros que tenham impedância de entrada de 10M Ω . Em seu lugar dever-se-á utilizar voltímetros específicos ou com alta impedância de entrada.



fax consulta nº 13



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- F.J. Ansuini, J.R. Dimond, “Field Tests on an Advanced Cathodic Protection Coupon”, CORROSION/2005, paper no. 39 (Houston).
- B. Husock, “Techniques for Cathodic Protection Testing Over Airfield Pavements”, U.S. Air Force Report CEEDO-TR-78-31, Tyndall AFB, FL.
- J.R. Dimond F.J. Ansuini, “Effect of Measurement and Instrument Errors on Potential Readings”, CORROSION/2001, paper no. 294 (Houston, TX).
- A.W. Peabody, Control of Pipeline Corrosion (Houston, TX: NACE).
- F.J. Ansuini, J.R. Dimond, “Factors Affecting the Accuracy of Reference Electrodes”, MP 33, 11.

Tecnologia

Injeção de poliuretano espuma sem
necessidade de injeção de gel?

PH FLEX S é hidrófobo, ou seja, sua espuma não contém água. Logo, é estável aos ciclos de secagem/molhagem. O poliuretano-espuma comum 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

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



PH FLEX SUPER

SOLUTION WITH ONE SHOT INTELLIGENT FOAM



Concreto armado-protendido

NOVAS ESTRATÉGIAS PARA PROTEÇÃO.

É INADMISSÍVEL, HOJE, COLOCAR PEÇAS ESTRUTURAIS DE PEITO ABERTO, FRENTE A FRENTE OU EM CONTATO DIRETO COM QUALQUER TIPO DE FLUIDO.



Na foto maior o pilar de uma grande ponte junto ao mar. Nas fotos menores detalhes deste mesmo pilar: concreto aparente em contato direto com a maresia e a própria água do mar sem qualquer proteção – estrutura condenada.

ANÁLISE

Michelle Batista

Efetivamente, falta-nos conhecimento. Submetemos estruturas de concreto armado-protendido a toda sorte de utilização, sem imaginar que sua fortaleza é, no final de duas ou três décadas, à prova da realidade atual. Principalmente a realidade da contaminação química do pseudo-sólido concreto que, anualmente,

“mata” bilhões de reais em recuperações e tratamentos.

O fato é que existe hoje uma formidável quantidade de condições que, verdadeiramente, afetam o compósito concreto armado-protendido. Precisamos entender a relação caixinha de segredos entre a deterioração prematura, inesperada, sua disfunção mesmo e

GLOSSÁRIO

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

Disfunção – distúrbio do funcionamento de uma peça de concreto armado-protendido.

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.

Higroscópico – que tem tendência para absorver a umidade do ar. Que tem afinidade com a água.

Continua na pág. 22.

RECUPERAR • Setembro / Outubro 2005

As melhores estruturas pedem...

SILANO-CORR

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

SILANO-CORR é a proteção natural do concreto aparente.

SILANO-CORR

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

o âmago de sua causa, de modo a poder selecionarmos a solução ideal entre uma série de métodos de proteção. Por favor, não vamos nos lembrar agora daqueles manuais técnicos das empresas A, B, C etc, recheados de massinhas e pinturinhas de “recuperação” como se fossem a solução dos nossos problemas. Proteção deve ser encarada como método de controle da causa da deterioração ou da disfunção com base na:

- 1 – Alteração das condições de serviço e exposição.
- 2 – Mudança do condicionamento físico do concreto para suportar as alterações citadas.
- 3 – Instalação de barreiras entre a realidade das condições de serviço/exposição e o pseudo-sólido hospedeiro chamado concreto.
- 4 – Tratamento eletroquímico das armaduras e cordoalhas do concreto com proteção catódica quando o ambiente ou a atmosfera for corrosiva ou provocadora de corrosão.

Todos os métodos de proteção feitos preventivamente ou posteriormente tendem a



Casos típicos de concreto aparente sem qualquer proteção. O concreto armado é um falso sólido que admite gases e líquidos que ativam o processo de corrosão em suas armaduras.

aumentar o pavio da bomba existente entre os ciclos de manutenção da estrutura. Por exemplo, deslocamento do recobrimento é uma forma de deterioração (conseqüência) normalmente causada por condição de serviço/exposição em circuito direto com as armaduras do concreto. Entendamos uma coisa: concreto não pode ser posto de peito aberto, frente a frente ou em contato direto

com qualquer tipo de água, vapor ou, muito menos, qualquer tipo de solução. É ignorância. É mico do tamanho de um Godzilla. Em todas as situações, inclusive aquelas que envolvem concreto aparente, dever-se-á utilizar, pelo menos, silanos com inibidores da corrosão, tipo SILANO-CORR. Porque, além de barrarem chuvas corrosivas de maneira inteligente, ou seja, sem fazer barreira física

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

Concreto armado-protendido sem corrosão?

Só com **Proteção Catódica**

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

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



Na foto acima e à direita, o concreto aparente em contato direto com gases e líquidos corrosivos respectivamente. Na foto inferior uma edificação com pilares esguios e esbeltos em concreto aparente sem proteção: problemas a curto prazo.



sujeita à pelagem, como as antigas películas acrílicas, possuem um distinto exército de íons que, uma vez ativados, infiltram-se nas reações eletroquímicas da corrosão do aço

de forma a reduzi-las ou retardá-las. Ou seja, sua atuação é incomparável em relação aos tradicionais vernizes, que são permeáveis e meramente estéticos.

Este é só um exemplo da moderníssima tecnologia de proteção, que rapidamente se expande, de maneira perspicaz e penetrante, ignorando efeitos e indo direta-

A MELHOR PENETRAÇÃO



Com viscosidade igual a da água, o **METACRILATO** preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura existente em pisos e pavimentos com até 0,05mm de abertura. Basta verter o produto. O **METACRILATO** também monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. É só 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.

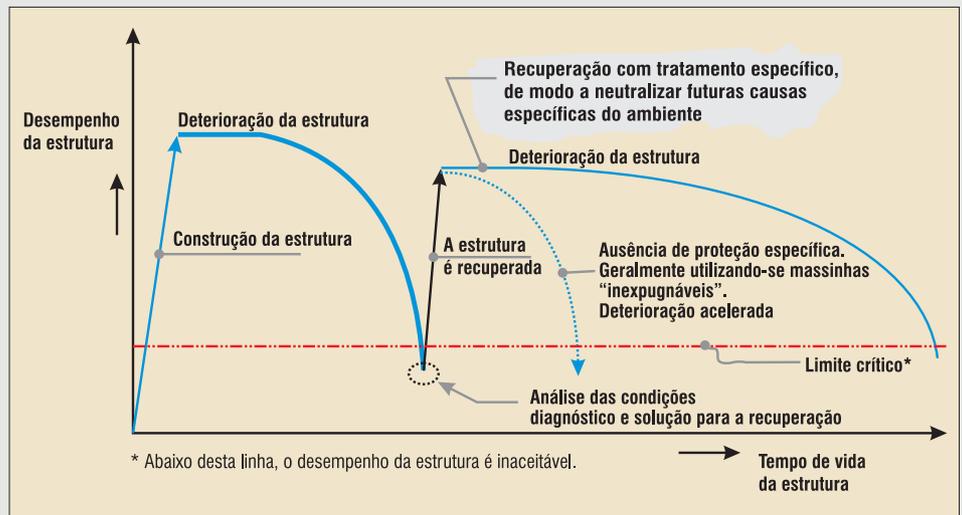
METACRILATO

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

mente de encontro a(s) causa(s). Estas estratégias, cada vez mais mirabolantes, devem-se aos avanços extraordinários da química moderna.

Acessando as estratégias

Proteger uma estrutura significa pensar em garantias, em custo-benefício, em redundâncias, no ambiente e na estética. A proteção deve nascer com a construção. Ignorá-la, principalmente frente a ambientes corrosivos como os existentes nas grandes capitais é, no final das contas, desconhecer a si próprio como técnico, engenheiro e profissional. Sua aplicação, durante a vida da estrutura, invariavelmente sintomática, requer mais do que a simples indicação. Necessita-se, aí, uma análise real das suas condições pelo simples fato de que a solução indicada pode, simplesmente, ser inócua e/ou ainda prejudicial. Um caso típico é o uso de massinhas pré-fabricadas e epóxios para o tratamento da corrosão instalada no aço do concreto armado-protendido: tiro no pé. Trata-se de um



Existem inúmeros métodos de tratamento para proteção do concreto armado, a maioria baseado nas características do produto oferecido, geralmente utópicas e fantasiosas. O ideal é fazer-se a proteção no início da construção. A proteção aplicada em uma estrutura existente é mais difícil e oferece menos opções. Estrutura e ambiente precisam coexistir ou serem concordantes. Quer dizer, precisam de compatibilidade. Acima, um gráfico da vida de uma estrutura.

falso remédio com sérios efeitos colaterais ao composto concreto armado. Transformam regiões comprometidas em "boas" e regiões vizinhas em comprometidas. Repare na figura acima, a análise do desenvolvimento da vida de uma es-

trutura com o tipo de tratamento que lhe é aplicada. Um bom projeto antecipa os problemas inerentes ao ambiente da futura estrutura. Além do mais, prevenir é mais econômico do que remediar.

Endurecedor de pisos

DURO 10

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

DURO 10 é a solução. É incolor, inodoro e não polui a natureza, pois é à base d'água. Quando penetra na superfície do concreto ou de paredes emboçadas, torna-as extremamente duras, densas e praticamente impermeáveis. Com este simples tratamento, cessam a poeira e as marcas de pneus, incrementando no piso enorme resistência química a uma grande quantidade de ácidos e bases de baixa concentração. A composição do DURO 10 tem novas substâncias que, antes de proceer o endurecimento da superfície, promovem a limpeza dos poros do concreto. Uma nova composição para a antiga fórmula de endurecer pisos.

ATAQUE QUÍMICO EM PISOS DE CONCRETO?

EPÓXI 28!

Proteja seu piso de concreto contra a ação de ácidos (com grande concentração) e substâncias fortemente alcalinas com o EPÓXI 28. Moderníssimo sistema de epóxi novolac e éster vinílico, made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os melhores epóxios não conseguem suportar.

Ataque Químico não mete mais medo.

EPÓXI 28

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 19

Estratégias de proteção para estruturas de concreto armado diretamente expostas a chuvas, maresia e condições industriais

O objetivo, com este clima, é impedir a contaminação química do hospedeiro, metido a sólido, vulgo concreto. A presença de sais contaminantes, típica destes ambientes, agenciados por chuvas e/ou por aquelas finas gotículas em suspensão no ar, chamadas de vapor, desperta o higroscópico concreto que tudo absorve. Ora, a presença de sais contaminantes solubilizados em diferentes concentrações, quer dizer soluções iônicas diferenciadas, dentro da camada de recobrimento do concreto, além de quimicamente promoverem ligações perigosas com os sais da matriz cimentícia, acionam ou acendem os pavios das milha-



Estruturas esbeltas de concreto armado de estações elétricas é um caso típico onde se constata ausência total de proteção das superfícies do concreto.

res de bombas, quer dizer pilhas galvânicas, presentes na superfície do aço das armaduras, metal ferroso extremamente reativo, iniciando processos irreversíveis de corrosão.



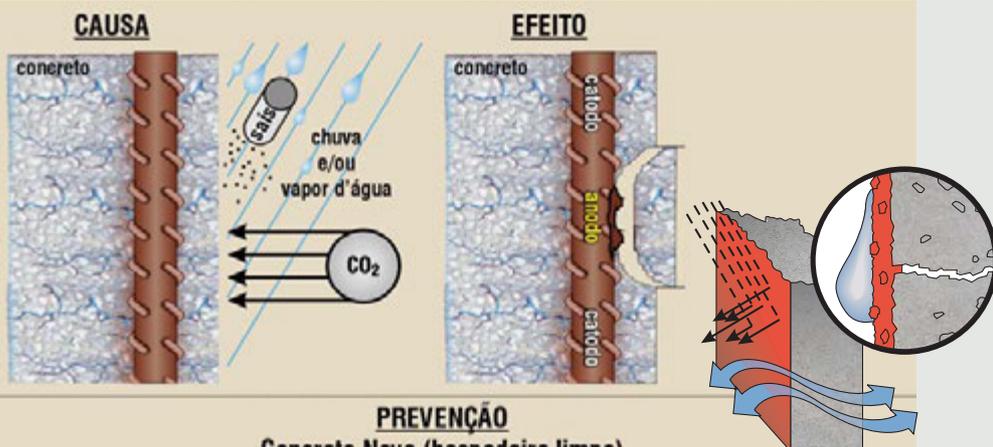
fax consulta nº 20



Para ter mais informações sobre Análise.

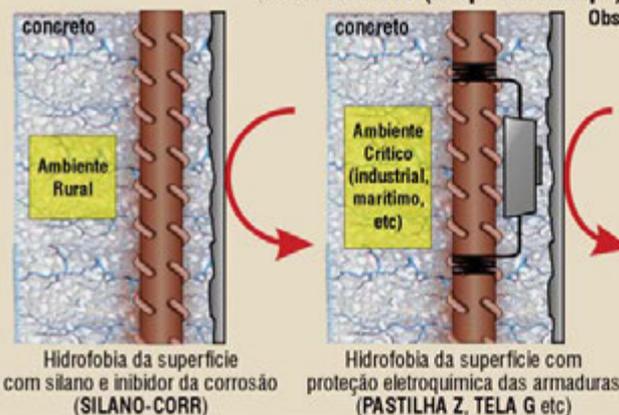
www.recuperar.com.br

Estratégias para controle da corrosão em estruturas de concreto armado-protendido



PREVENÇÃO

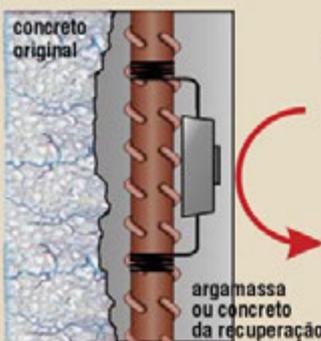
Concreto Novo (hospedeiro limpo)



Obs.: A utilização de barreiras, pura e simples, não impede a contaminação já que todas são permeáveis. Mascaram os efeitos durante algum tempo. Dependendo da intensidade do ambiente, dever-se-á utilizar duas soluções. Para situações industriais onde haja contato direto com ácidos e álcalis dever-se-á utilizar proteção eletroquímica adequada e barreira com resinas epóxicas novolac, tipo EPÓXI nº 28, de modo a reduzir drasticamente a concentração dos agentes corrosivos.

RECUPERAÇÃO

Concreto Antigo (hospedeiro contaminado)



Obs.: Não esqueça que o concreto remanescente continua contaminado e irá contaminar a massa da recuperação. A proteção eletroquímica, obrigatória, deverá ser bem dimensionada, com PASTILHA Z, TELA G etc.

Concreto afetado removido, seção das armaduras refeitas e protegidas eletroquimicamente. Fazer a hidrofobia das superfícies ou barreira específica.

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química.
- Petty, D.A., Laboratory Evaluation of Cement Concrete Sealers. Commonwealth of Massachusetts, Department of Public Works.
- Smith, M.D., Silane Chemical Protection of Bridges. FHWA/OK, final report.
- Ballew, J.W. and K.L. Highlands. Evaluation of Protective Sealers to Reduce Penetration of Bridge Surfaces. Final report, FHWA/PA.
- Whiting, D. Penetrating Sealers for Concrete: Survey of Highway Agencies.
- Monfore, G.E., The Electrical Resistivity of Concrete. Journal of the PCA Research and Development Laboratories.

Reatividade Álcali-Silica?

Detector de RAS 3000



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

produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 21

Pergunta:

Gostaria de saber o que é proteção catódica, como funciona, quais as vantagens e como aplicá-la?

Trabalho há vários anos na área de recuperação estrutural onde, frequentemente, faço serviços de reforço em que a causa é a oxidação das armaduras. Faço uso de massas de reparos e primers ricos em zinco, sabendo das limitações destas barreiras e, claro, das garantias que ofereço. Gostaria de saber o que é a proteção catódica, como funciona e como aplicá-la.

Engº Francisco Fernandes S. Coelho - SP.

Resposta:

Existem muitos profissionais céticos a respeito do tratamento da corrosão das armaduras e cabos de protensão com proteção catódica. Chegam a duvidar da eficácia desta tecnologia aplicada no concreto armado-protendido e até criticam-na. Faz parte. Efetivamente, é a única técnica que interrompe, de forma inteligente, a corrosão. Quer dizer, utiliza a própria eletroquímica da corrosão para neutralizá-la. Conceitos como pilhas e anodos deverão ser relembrados da química. Os demais tratamentos formam, literalmente, apenas obstáculos, sejam cimentícios ou poliméricos, que atuam como barreiras cegas, tanto para o que ocorre na superfície do aço (parte interna de barreira), quanto nos interstícios do concreto (parte externa da barreira).

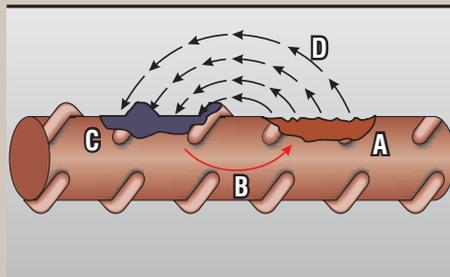
Afinal, o que é a proteção catódica?

Proteção catódica (PC) é uma técnica que reduz ou elimina a corrosão no aço, tornando-o catódico, seja pela introdução de corrente contínua galvânica, utilizando-se anodos de sacrifício, seja por impressão direta em sua superfície de cor-

rente contínua com uso de retificadores. Basicamente, poder-se-á entender que a liga aço é uma fonte de milhares de pilhas formadas pelo ferro abundante ($\pm 95\%$) e os demais metais componentes da liga, onde o aço é o boi de piranha, quer dizer o anodo de sacrifício e aqueles outros metais os catodos. A PC inverte esta situação, formando uma nova pilha, onde barras e cabos de protensão tornam-se catodos, região da pilha que não corrói.

Como funciona a PC?

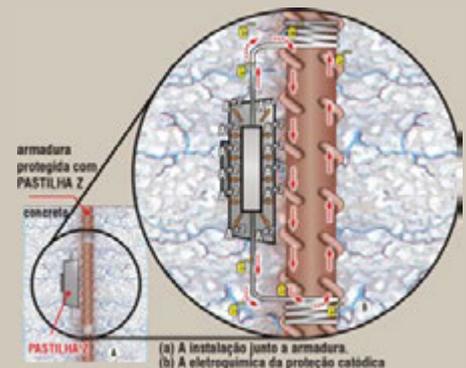
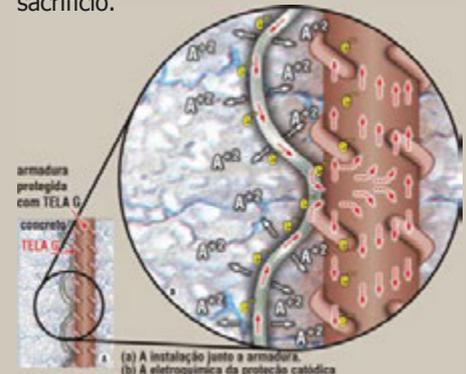
Bem, já sabemos que o processo de corrosão no aço tem como causa fluxos de corrente contínua que surgem e circulam entre regiões anódicas e catódicas.



Fluxo de corrente contínua numa região de uma peça estrutural. (C) área catódica, sem presença de corrosão. (B) fluxo de corrente contínua, do catodo para o anodo, através da superfície do aço. (A) área anódica, onde se vê a corrente iônica deixando a superfície do aço através do eletrólito concreto e levando consigo partículas do aço já na forma de íons Fe^{++} . (D) fluxo de corrente iônica, da área anódica para a catódica, através dos capilares do concreto. Repare que para haver corrosão é preciso que haja dois tipos de corrente circulando.

Repare que para haver corrosão é preciso que haja dois tipos de corrente circulando. Considerando as voltagens acumuladas nos catodos e anodos, estabelecendo potenciais específicos, a resistividade presente em cada região do concreto é fator limitante, assim como o grau de polarização naquelas regiões. Ao aplicarmos PC nas armaduras ou cabos de protensão de uma estrutura, estaremos fazendo com que toda a superfície metálica em

contato com o concreto absorva a corrente contínua agora de proteção. Toda a superfície metálica assim condicionada torna-se catódica, e todo o processo de corrosão é transferido para os anodos de sacrifício.

**Como saber que a PC está funcionando?**

A única maneira de saber se a PC está funcionando é medir os potenciais existentes entre a armadura e a superfície do concreto, na região tratada pelo menos uma vez a cada seis meses. Não há motivo para suspeitar, mesmo porque não há mágicas. O plano de garantias será concordante com a região tratada e, quase que invariavelmente, é superior a dez anos. Como se viu, corrosão é corrente contínua que circula na superfície do aço e só pode ser tratada com corrente contínua.



Grupo Falcão Bauer

Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

bauer@falcaobauer.com.br

Qualidade Presente Garantindo o Futuro

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

51 ANOS

anúncio compacta

Água, é covardia.



Todo grande lutador sabe que a melhor estratégia é usar a própria força do adversário contra ele mesmo.

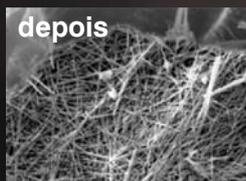
A moderníssima fórmula impermeabilizante por cristalização e densificação PENETRON reage, na presença d'água, formando intrincada rede de cristais insolúveis que preenchem e densificam totalmente poros, vazios, microfissuras, trincas e fraturas, tornando a área que está sendo trabalhada virtualmente estanque e impermeável, mas deixando-a "respirar". É fácil e de rápida aplicação, com custo benefício bem superior às fórmulas antigas concorrentes. PENETRON pertence a uma das maiores empresas de impermeabilização em todo o mundo. PENETRON é peso-pesado.

PENETRON

BRASIL



Tels: (21) 2494-4099 / 2493-4702
Fax: (21) 2493-5553
www.rogertec.com.br
rogertec@rogertec.com.br



**Acesse www.penetron.com
e leve o melhor peso-pesado
impermeabilizante para sua obra.**

A melhor proteção para tubulações



Tubulações aéreas e enterradas têm que ser protegidas contra a corrosão. A melhor e mais eficaz barreira protetora contra a corrosão chama-se **DENSO**. Seu mais novo lançamento – **DENSO BANDA VERDE** – é um não tecido de fibra sintética termofixado e revestido com massa anticorrosiva à base de petrolatum, parafina, cargas minerais e agentes anticorrosivos.

Protege, com **garantia mínima de 20 anos, tubos e tubulações**, além de válvulas e acessórios de gasodutos e aquedutos, barras de ancoragem etc. Nada de pinturas. Proteja uma vez só. Use **DENSO**.

Fax consulta nº 22

WD100P

A perfuratriz mais simples do mundo

Com a perfuratriz pneumática WD100P você fura até 30 metros com diâmetro de 2,5" a 3". Pesa apenas 650kg.



Maiores informações no site www.rogertec.com.br
Fax consulta nº 23

Suspeitas de corrente de interferência?



Linhas de transmissão ou tubulações enterradas com suspeita de corrosão por correntes de interferência é coisa muito séria. O medidor **DL-1** é a resposta. Capta, mede e analisa voltagens e amperagens, tanto de corrente alternada quanto de corrente contínua. O **DL-1** vem com um logger de dados de quatro canais que garante precisão absoluta nas leituras. É fornecido com software para instalação em laptops, de modo a interpretar quase 600 mil leituras, analisando-as tanto em números quanto graficamente.

Fax consulta nº 24

Recupera Tubulações



Recomendado para tubos de até 500mm de diâmetro, de metal ou plástico, aço, cobre, alumínio galvanizado, aço inoxidável, PVC, CPVC, fibra de vidro, polietileno, polipropileno e até PVDF. O **STOP IT** é

utilizado para reparos de rotina ou emergenciais, controle de vazamentos de materiais perigosos, reforço estrutural, selagem de juntas, reconstrução de paredes de tubos enfraquecidos, proteção contra corrosão e abrasão, para reparos em áreas de difícil acesso, submersas em água e condutas elétricas. Suporta pressões de 30kg/cm² e temperaturas de 260°C. Fornecido em kit que inclui rolo de fita de fibra de vidro impregnada com resina de poliuretano, luvas de borracha e também o **FIX STIX**, um epóxi moldável a mão, que endurece em apenas 20 minutos.

Fax consulta nº 25

Bomba para pinturas industriais



Quando o assunto é pintura industrial pesada, a solução é **WIWA**. Tanto mono quanto bi-componente, **WIWA** pega pesado para qualquer tipo de tinta.

As bombas "airless" de alta pressão da série **WIWA MAGNUM** são ideais para uso em instalações com sistemas de circulação de tintas e para trabalhos que requeiram bicos maiores, mangueiras longas, altas pressões de espraçamento e pistolas múltiplas. Consulte-nos

Fax consulta nº 26

Medidor de Tensões no Solo



O medidor de tensões totais **TT 4830** é o menor e o mais avançado dispositivo para ser instalado em qualquer solo de fundação. É facilmente instalado, em qualquer profundidade. Mede a tensão total em qualquer solo e aterros. Caso se deseje também a tensão efetiva, o medidor **TT 4830** é instalado com um piezômetro. É fornecido com um cabo fino, fixado no aparelho, para permitir a instalação. Apresentam-se em diversos tamanhos.

Fax consulta nº 27



Medidor de Deformações nas Armaduras

O **RS 4911** é o mais moderno medidor para ser instalado nas armaduras de peças de concreto armado com o objetivo de se acompanhar seu verdadeiro nível de deformações. É indicado para todo tipo de fundações, paredes diafragma, estacas pré-fabricados, pontes, barragens e edificações de um modo geral. O **RS 3911** é indicado para medir deformações térmicas. Sua sensibilidade é de apenas 0,4 microstrain.

Fax consulta nº 28



Medidor de Recalques ou Levantamentos

O medidor **HSS 4675** consiste de uma série de pequenos tubos contendo sensores de nível líquido conectados a um tubo padrão. Este tubo padrão de referência é posicionado em um local estável, instalando-se os demais locais de interesse. O **HSS 4675** informará qualquer recalque diferencial ou levantamento que possa estar ocorrendo em qualquer dos tubos, tendo como base o tubo referência. Simples, moderno e extremamente preciso, indicado para situações onde se deseja alto nível de precisão, ou seja, algo como $\pm 0,02$ mm.

Fax consulta nº 29



INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO

Rua Correia de Araújo, 42 - Barra da Tijuca
Rio de Janeiro/RJ - Brasil - CEP 22611-070
Tel.: (21) 2491-1724 • Fax: (21) 2493-5553

WEBSITE: <http://www.ipacon.com.br>

E-mail: atendimento@ipacon.com.br

DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES

REVISTA RECUPERAR

Diretor Editorial

ENGº JOAQUIM RODRIGUES

jorodrigues@infolink.com.br

Conselho Técnico - Coordenador

PROF. DR. IBRAHIM SHEHATA

Conselheiros

PROFª. DRA. REGINA HELENA FERREIRA DE SOUZA

PROF. PAULO JORGE SARKIS

PROF. DR. JOÃO CARLOS TEATINI DE S. CLIMACO

ENGº JOSÉ ZAMARION FERREIRA DINIZ

PROF. DR. A. CARLOS VASCONCELOS

PROF. PAULO HELENE

PROF. DR. RONALDO B. GOMES

Publicidade

PATRICIA TINOCO

patricia@recuperar.com.br

Assinatura, Livros e Vídeos

CLEIDE FERREIRA

cleide@recuperar.com.br

Editor de Arte

ALEX CRISPIM

alexcrispim@recuperar.com.br

Reprints Editoriais

MARIANA TATI

marianatati@infolink.com.br

Para solicitar reimpressões de reportagens
ou artigos publicados

“RECUPERAR” é uma revista do Instituto de Patologias da Construção, com publicação bimestral. A assinatura anual custa R\$ 100,00 e a bienal R\$ 170,00. Na América Latina e Portugal a assinatura anual custa US\$ 50,00 e a bienal US\$ 80,00.



February 8-9, 2006

**Structural Composites:
Applications in Corrosion
Prevention, Transportation,
Defense and Infrastructure
Conference**

University of Alabama,
Birmingham, AL, U.S.

Mike Stevens - phone: 614/

790-3483 e-mail:

mgstevens@ashland.com

February 14-16, 2006

**U.S. Army Corrosion Summit
2006**

Hilton Clearwater Beach Resort,
Clearwater Beach, FL, U.S.

Claire Lesinski - phone: 727-

549-7013 e-mail:

lesinskc@ctc.com

February 21-23, 2006

**45th Annual Underground
Corrosion Short Course**
Purdue University, West
Lafayette, IN, U.S.

Jim Utley Or Nona
Schaler - phone: 248-
348-6113 Or 765-494-
2756 e-mail:

jutley@densona.com or

njschaler@purdue.edu

Fevereiro 21 a 25, 2006

**Bautec - Feira
Internacional da
Tecnologia em
Construção**

Berlim, Alemanha
Eventos paralelos BuildIT e
Solar Energy.

www.bautec.com.br

A maior ponte suspensa do mundo

Um projeto centenário para ligar a Itália continental à ilha da Sicília tomou fôlego quando um consórcio internacional ganhou o contrato multibilionário, em euros, para construir uma ponte ligando as duas costas. Será a maior ponte suspensa do mundo, com 3,3 quilômetros, três vezes mais longa que a Golden Gate de São Francisco. Suas duas torres terão 383 metros e serão mais altas que a torre Eiffel. O consórcio internacional liderado pela firma italiana Impreglio ganhou o contrato, com oferta de 3,88 bilhões de euros (US\$ 4,65 bilhões), o valor 12% menor que os 4,4 bilhões de euros fixados pelo governo italiano. A ponte terá dez faixas para carros, trens e veículos de emergência e comportará seis mil carros por hora e 200 trens por dia. Atualmente a viagem tem que ser feita de barco, e dura aproximadamente duas horas.



ASTM apresenta norma para fachadas

A American Society for Testing and Materials uma das maiores organizações voltada para normas apresentou a E2270 (prática padrão para inspeção periódica em fachadas de edificações com condições pouco seguras). A norma apresenta necessidades e procedimentos que conduzem a uma perfeita inspeção de fachadas, ideal para ser adotada por instituições públicas e privadas. Os requisitos apresentados na norma variam da mais rigorosa inspeção até a simples inspeção visual. Trata-se de uma perfeita contribuição para os Departamentos de Edificações e também para o CREA, além de outras instituições reguladoras, sensibilizando-se para as situações de queda de revestimentos cada vez mais comuns, não só aqui, mas em todo o mundo.

Informações valiosas sobre pavimentos



O U.S. Federal Highway Administration (FHWA) acabou de lançar um interessante site sobre pavimentos, onde apresenta informações valiosas sobre dimensionamento, manutenção e recuperação. Qualquer interessado poderá selecionar o item de interesse, tipo “melhorando a performance do pavimento”, “pavimentos com qualidade superior”, “características para as superfícies dos pavimentos” etc. É interessante porque apresenta também, para os interessados, recentes publicações sobre o assunto, conferências, softwares, cursos de treinamento etc. Basta acessar: www.fhwa.dot.gov/pavement.

Radar detecta objetos enterrados em 3-D



O radar tomográfico computadorizado (RTC) é um novo tipo de GRP ou ground-penetrating imaging radar, que detecta e identifica objetos ou instalações enterradas, tanto metálicas quanto não metálicas, em três dimensões. Considerado o primeiro radar prático de alta resolução para imagens em 3-D para solos ou subterrâneo, dispõem de 16 canais e precisão de cerca de 2cm para centenas de metros de profundidade. As empresas que desenvolveram o equipamento são a AMEC, de Londres, e a Witten Technologies, de Boston. O RTC é extremamente útil na caracterização de solos contaminados, para detectar instalações enterradas, sejam elétricas, hidráulicas ou de telecomunicações.

Receita para criar moléculas leva Nobel

O francês Yves Chauvin e os americanos Robert Grubbs e Richard Schrock são os ganhadores do Prêmio Nobel de Química por terem demonstrado como criar moléculas sob medida para a produção de produtos químicos menos nocivos ao meio ambiente e também para o desenvolvimento de drogas voltadas ao combate de doenças de grande impacto.

Os três receberão da Real Academia sueca o prêmio de US\$ 1,29 milhão por suas pesquisas sobre a síntese de moléculas, que abriram caminho para a produção de drogas contra o mal de Alzheimer, a Aids e o câncer, além de ter aplicações na agricultura e na indústria química.

“Em breve, a imaginação será o único limite para a construção de moléculas”, sustentou a instituição em seu comunicado oficial, dizendo que os estudos do trio são “um exemplo de como a ciência básica pode ser aplicada em benefício do homem, da sociedade e do meio ambiente”.

O estudo revelou pela primeira vez, no início dos anos 70, a importância da reorganização de grupos de átomos de carbono – que formam as principais estruturas de todos os organismos vivos sobre a Terra. Essa compreensão levou à redução de etapas e custos do processo de síntese de novas moléculas. A receita foi inicialmente apresentada por Chauvin, hoje com 74 anos, em 1971.

Figura 1 - cabos de protensão para aumentar o vão das lajes para 9 em um grande hotel.




Corrosão na Protensão II

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

CORROSÃO



Joaquim Rodrigues

Na edição anterior, apresentamos as primeiras informações acerca da corrosão em estruturas de concreto protendido, com base na nova norma ACI 222.2R, “Corrosion of prestressing steels”, do American Concrete Institute. Nesta edição, daremos continuidade a este tema fornecendo mais dicas super importantes, agora acerca da avaliação do estado de corrosão nas estruturas pré e pós tensionadas. Efetivamente, mexer com concreto protendido e desconhecer a eletroquímica da corro-

são é pisar no terreno minado da patologia dos aços de alta resistência para o espaço sideral dos problemas quase insolúveis.

Objetivos da avaliação

Avaliar problemas de corrosão em estruturas pré ou pós tensionadas significa detectar a presença, a extensão e principalmente a velocidade com que acontece esta patologia. A confirmação de altas velocidades de corrosão, mesmo sem sintomas críticos

de perda de seção, sinalizam para imediatos serviços de recuperação com tratamento da corrosão. Para investigar os efeitos causados na capacidade de carga da estrutura, consideram-se os danos causados pela corrosão, como fios com perda de seção, fratura ou rompimentos, deslocamentos etc. Mais importante, no entanto, é o que a maioria dos técnicos e engenheiros costumam esquecer: a causa dos processos de corrosão presentes ou as condições que dinamitarão a ponte da passividade protetora.



Nos EUA, o tratamento da corrosão de cabos com monocordoalhas tornou-se um grande mercado.

Estruturas pré-tensionadas

São estruturas construídas com fios ou cordoalhas totalmente envolvidas pelo concreto da peça estrutural, com direito a contato íntimo e tudo mais (aderido). A avaliação deste tipo de estrutura é muito semelhante à do concreto armado, com algumas diferenças.

O aço pré-tensionado não é eletricamente isolado do concreto hospedeiro por bainhas de plástico, como nas estruturas pós-tensionadas. Assim, poder-se-á utilizar, facilmente, a semi-pilha para levantamento dos potenciais de corrosão, medir-se a velocidade com que ocorre e ter-se o conheci-



O tensionamento das cordoalhas em um cabo multi-cordoalhas. O colar é fixado após cada cordoalha tensionada. A seguir, o sistema será groutado e as pontas das cordoalhas cortadas.

mento do grau de contaminação do concreto hospedeiro.

Os potenciais da semi-pilha

Todas as diretrizes necessárias à compressão e levantamento dos potenciais de corrosão poderão ser obtidos no guia técnico “Medição dos potenciais de corrosão em estruturas de concreto armado-protendido” do Instituto de Patologias da Construção.

GLOSSÁRIO

Passividade – condição na qual uma região da armadura, devido a existência de uma cobertura ou película de óxidos ou qualquer outro material, apresenta um potencial bem mais positivo que aquele que a caracteriza, quando apresenta-se em estado ativo de corrosão.



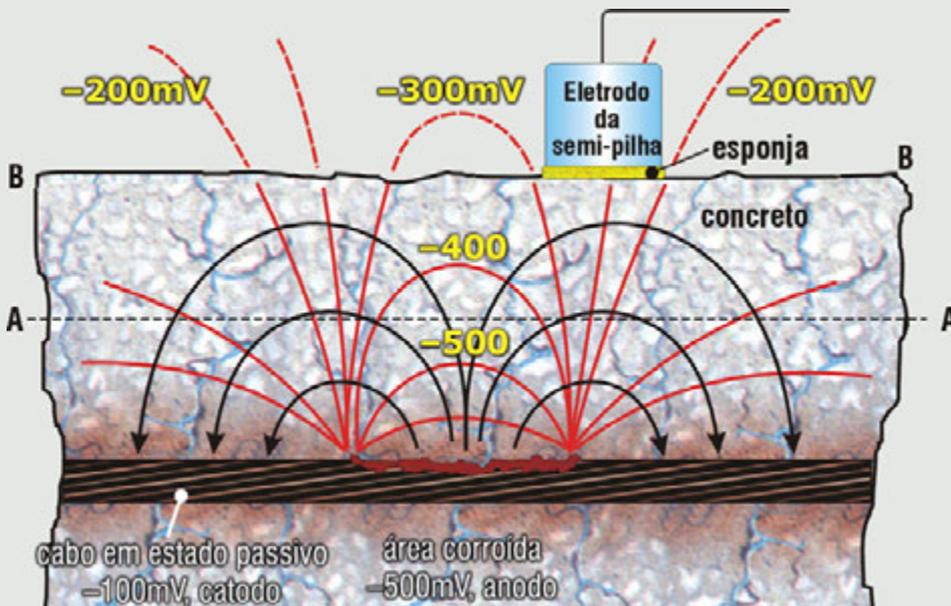
Cabos com mono-cordoalhas usadas em edificações e pisos comerciais totalizam 70% do total do nosso mercado de cordoalhas protendidas. Nos EUA, esta técnica começou nos anos cinqüenta.

Precisa de Retardante de Chama?



Temos os melhores produtos e a melhor tecnologia para atender às normas de flamabilidade!!!

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 30



A figura acima ilustra bem que qualquer região com processo ativo de corrosão, em fios ou cordoalhas envolvidas em concretos, apresentam campos elétricos, caracterizados por potenciais de corrosão. A intensidade das linhas equipotenciais na figura, que interceptam a superfície do concreto, podem ser medidas com uma semi-pilha tipo CPV-4. A camada do recobrimento que envolve os

fios e cordoalhas de estruturas pré-tensionadas costuma ser bem mais espessa que a do concreto armado. Este detalhe acarreta problemas com a medição durante o levantamento dos potenciais. Vamos explicar. Repare que o eletrodo posicionado na superfície B do concreto, na figura acima, lê um potencial “suspeito” que, efetivamente, não é o que representa o verdadeiro estado

Esquema dos campos elétricos e dos fluxos de corrente em um cabo com corrosão de uma peça protendida. Repare que, na superfície da camada de recobrimento do concreto, comumente, ter-se-á potenciais menos comprometedores. Daí a necessidade de preparar bem a superfície, antes do teste com a semi-pilha.

Os potenciais e a norma ASTM C 876

Detectando e medindo as diferenças de potencial existentes nas superfícies do concreto, com uma semi-pilha, levantam-se áreas das armaduras com presença de corrosão, com base nestas diretrizes da ASTM C-876:



- Se os potenciais de corrosão (volts) em uma determinada área são mais positivos que $-0,20$ volts, há uma probabilidade superior a 90% de não ter corrosão na região analisada, no dia do teste.
- Se os potenciais de corrosão estão situados entre $-0,20$ volts e $-0,35$ volts a atividade de corrosão é incerta no dia do teste.
- Se os potenciais de corrosão, em uma determinada área, são mais negativos que $-0,35$ volts há probabilidades maiores que 90%, de haver corrosão na região analisada no dia do teste.

Detector de contaminação por sais cloretos em peças metálicas e de concreto



Clor-test foi desenvolvido para analisar a contaminação em qualquer tipo de superfície. Seus componentes são pré-medidos, de modo a assegurar resultados precisos, em partes por milhão (ppm) e microgramas por centímetro quadrado (mgr/cm^2), sem necessidade de qualquer correção em relação à temperatura ambiente. Em outras palavras: Clor-test é a precisão do laboratório na obra.

CLOR-TEST

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 31



Testes simulando-se a situação real de um cabo multi-cordoalhas injetado na região de ancoragem e na posição intermediária do cabo, respectivamente: situação trivial do não preenchimento do cabo. O diferencial de pH nas superfícies das cordoalhas encarregar-se-á de detonar processos de corrosão.

da corrosão do aço, ou seja, -300mV . Note que se medíssemos os potenciais de corrosão numa suposta superfície do concreto situada no nível A, teríamos cerca de -460mV . Na edição anterior da Recuperar, apresentamos dicas para solucionar este problema.

Medindo a velocidade da corrosão

GECOR e GALVAPULSE são os equipamentos usados para analisar a velocidade da corrosão em estruturas de concreto armado-protendido. A tecnologia destes equi-

pamentos baseia-se num fato muito simples: se aplicarmos uma determinada quantidade de corrente numa região com corrosão, suficiente para alterar levemente o potencial existente, teremos, de forma proporcional, a velocidade com que se desenvolve a corrosão. Esta relação entre o potencial de corrosão e a corrente aplicada é linear e gira em torno de 15mV . A corrente aplicada é graficamente analisada contra o potencial existente e a inclinação da reta obtida informa a verdadeira corren-

te de corrosão. Uma vez conhecida a área dos fios, cordoalhas ou barras testadas, ter-se-á a densidade de corrente de corrosão. A velocidade da corrosão é calculada em termos de perda de seção do aço por unidade de tempo.

A contaminação do concreto por sais

Para entender sobre contaminação do pseudo-sólido concreto por sais corrosivos é preciso conhecer um pouco da concentração química. A diferença entre tomar uma limonada e chupar um limão tem a ver com a concentração. A presença de sais corrosivos ao aço, como cloretos, nitratos, sulfatos etc, no concreto hospedeiro, significa problemas, em maior ou menor grau. Nada difícil de ser determinado, já que o ambiente cir-

Densidade de corrente de corrosão (microamperes/cm ²)	Nível de corrosão
< 0,1	Insignificante
0,1 a 0,5	Baixo
0,5 a 1,0	Moderado
> 1,0	Alto

Relação entre a densidade de corrente e a consequente velocidade da corrosão verificadas no instante do teste.

GLOSSÁRIO

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.

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



Eco-Impacto

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 32

O menor do eco-impacto

Agora sim, é possível detectar problemas como deslocamentos, fissuras, ninhos de concretagens etc nas estruturas de concreto armado-protendido, de forma fácil e econômica. Com o ECO-IMPACTO PIES, além de exceder as recomendações do ASTM C-1383, é possível analisar estruturas com até 10m de espessura, sua resistência à compressão e seu módulo de elasticidade. No equipamento estão inclusos dois sensores piezoelétricos, dois martelos para impacto, um digitador portátil de duplo canal e software compatível com Windows®, capaz de fazer gráficos e cálculos.



A maneira mais fácil de detectar o estado de carbonatação no concreto



- O teste é realizado na obra.
- Comprova o grau da carbonatação.
- Qualquer técnico pode executar o teste.
- Utiliza reagente que não faz mal ao meio ambiente.
- Resultados em menos de cinco minutos.
- É econômico, rápido e de fácil manuseio.



Carbodetect

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 33

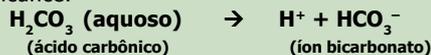
A chuva ácida e a redução do pH do concreto

Um dos problemas mais graves que regiões como a nossa vêm enfrentando atualmente é a chuva ácida. Este termo genérico abrange vários fenômenos, entre eles a neblina ácida, relacionada a precipitações substanciais de ácidos. A chuva ácida conduz a conseqüências ecológicas danosas.

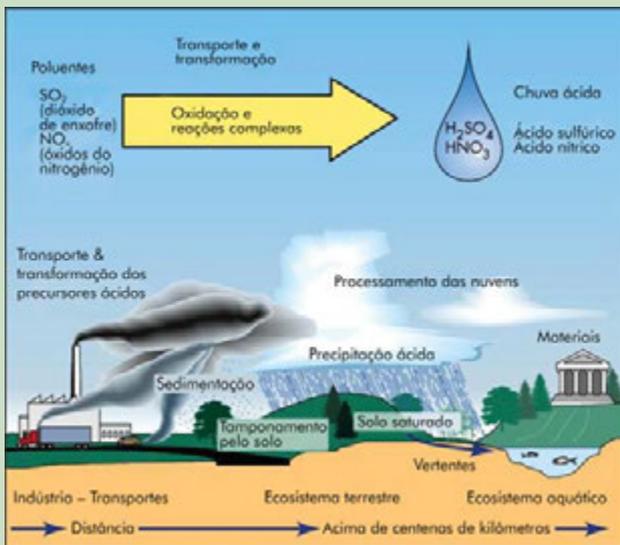
A presença de partículas de ácidos no ar, certamente, também tem efeitos diretos sobre a saúde das estruturas de concreto armado protendido e, por que não dizer, metálicas. Este fenômeno refere-se à precipitação mais ácida que a chuva "natural", não poluída, ligeiramente ácida, devido a

presença do dióxido de carbono atmosférico dissolvido, que forma o ácido carbônico: $\text{CO}_2(\text{gás}) + \text{H}_2\text{O}(\text{água}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aquoso})$ (ácido carbônico)

Em seguida, o H_2CO_3 ioniza-se parcialmente, liberando um íon hidrogênio, com a resultante redução no pH de tudo que estiver ao seu alcance.



Devido a essa fonte de acidez, o pH da chuva "natural", não poluída, é de cerca de 5,6. Apenas a chuva que é apreciavelmente mais ácida que isso, ou seja, com um pH menor que 5, é considerada chuva "ácida", tendo em vista a presença de traços de ácidos for-



tes naturais, o que leva a acidez da chuva a um nível um pouco mais alto que aqueles existentes pela presença apenas do dióxido de carbono, CO_2 .

cundante é que dá o jogo e estabelece o tipo de cartas, quer dizer, de sais. Um outro aspecto que deverá ser motivo de investigação é a profundidade da contaminação da camada de recobrimento do concreto. Quanto mais profunda, maiores as chances de deflagração da corrosão na superfície do aço. A verificação da contaminação por sais corrosivos deverá ser feita a várias profundidades, através da extração do pó do concreto com o uso de uma furadeira. O resultado é um perfil onde constatar-se-á a presença do sal contaminante, sua profundidade e a concentração. Com as amostras do pó do concreto, utilizam-se kits descartáveis específicos a cada sal contaminante.

A contaminação pelo dióxido de carbono

A alta alcalinidade presente no falso sólido chamado concreto mantém e protege a camada de óxidos passivos inerente à superfície do aço. A presença e a exposição constante ao gás dióxido de carbono (CO_2) é o gatilho para o efeito carbonatação. Quer dizer, o CO_2 entra nos poros do concreto e, associado à água, forma o ácido carbônico que, por sua vez, neutraliza a cal livre com seu craxá altamente alcalino, marca registrada da matriz

cimentícia, reduzindo seu pH. Daí o nome carbonatação, ação pelo ácido carbônico.

Essa redução de pH torna o ambiente sufocante para a camada de óxidos passivos,

Reações Básicas de Carbonatação no Concreto

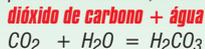
Fase 1: Os poros do concreto contém:

água e cal livre



Fase 2: Quando o dióxido de carbono do ar entra nos poros do concreto, forma-se o ácido carbônico:

dióxido de carbono + água = ácido carbônico



Fase 3: O ácido carbônico neutraliza a cal livre e forma sólidos de carbonato de cálcio em pH neutro.

cal livre + ácido carbônico = carbonato de cálcio + água
(alto pH) (baixo pH) (pH neutro)

As reações da carbonatação resultam em um concreto com baixo pH.

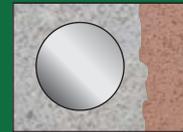
protetora da superfície do aço, que vê seu potencial (medido com a semi-pilha) tornar-se cada vez mais negativo e corrosivo. Como pode ser constatado no diagrama de Pourbaix, para o sistema ferro-água, o pH necessário à passivação é dependente do potencial eletroquímico existente na interface aço-concreto.

A redução progressiva do pH da camada de recobrimento pode ser checada facilmente com o medidor de carbonatação CARBO-DETECT e também pelo LÁPIS pH.

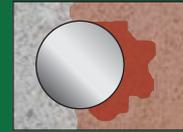
Carbonatação



Concreto de boa qualidade (pH = 13/14) aço encontra-se passivado



Dióxido de carbono entra, pH começa a diminuir. O aço ainda não é afetado.



O pH do ambiente em torno da armadura diminui abaixo de 9,5. Começa a corrosão



A expansão voluntária da corrosão causa trincas e deslocamentos.

Quando a linha de ataque da carbonatação alcança o nível das armaduras, a área óxido passivante em torno das armaduras perde sua estabilidade, instalando-se a partir daí as células eletroquímicas de corrosão.

Na próxima edição apresentaremos as características das estruturas pós-tensionadas e as diretrizes necessárias à avaliação do seu estado de corrosão.

fax consulta nº 34



RECUPERAR

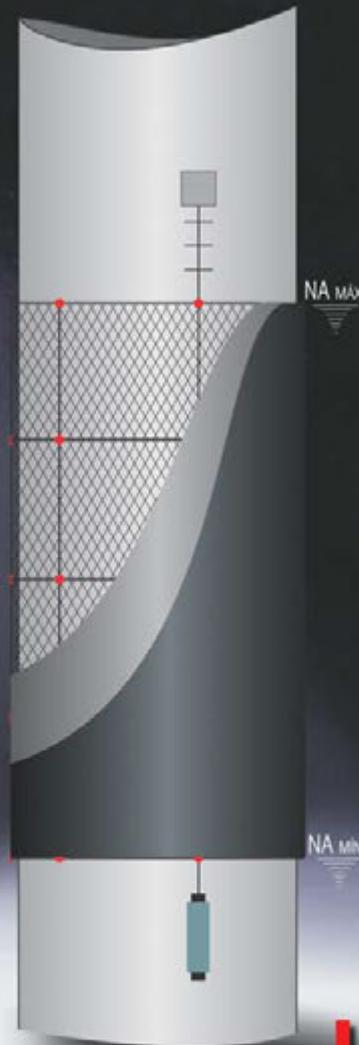
Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

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

Evolução



JAQUETA G



Anti-Corrosion Protection System for Reinforced Concrete Piles

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



JAQUETA G

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 35

Fique **ligado** no **presente**



E no **futuro.**

RECUPERAR

11 ANOS

Com reportagens competentes, análises de novas tecnologias e um design gostoso de se ler, RECUPERAR leva a você o que há de mais moderno nos EUA, Alemanha, Japão...

FIQUE LIGADO. LEIA

RECUPERAR
WHAT'S NEXT

atendimento@ipacon.com.br