

Edifícios II

Preocupados com a segurança de nossas edificações, damos seqüência à exposição dos procedimentos para investigação do concreto e do aço, de acordo com o recente Report do American Concrete Institute.

ANÁLISE



Carlos Carvalho Rocha

Como está a situação estrutural da edificação? Por que edifícios continuam a cair? Quais os critérios para uma análise segura?

Na edição anterior da RECUPERAR, apresentamos as primeiras informações a respeito das diretrizes para a “**avaliação da resistência de edificações existentes**”,

lançadas recentemente pelo American Concrete Institute, através de seu ACI 437R-03. Nela, abordamos a introdução aos primeiros aspectos a serem considerados e a investigação preliminar a ser executada. Nesta edição, apresentaremos os procedimentos para investigar a qualidade e as propriedades mecânicas do

concreto e do aço da estrutura, de modo a corroborar os resultados dos métodos não destrutivos (NDT) apresentados na matéria anterior. Assim, no front da guerra santa em busca da razão dos problemas existentes, analisaremos as técnicas de amostragem e as análises petrográficas e químicas do concreto.

Continua na pág. 6.

RECUPERAR • Março / Abril 2005



Estruturas de edifícios também gostam de *check-up*

Integridade é questão indiscutível em qualquer tipo de estrutura. O **INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO, IPACON**, proporciona o melhor *check-up*, tanto do ponto de vista estrutural, físico ou químico, com o mais atualizado *staff* técnico do *repairbusiness*. Seja exigente, opte pelo estado da arte das técnicas de diagnóstico. Algumas atividades:

- ✓ Condição estrutural.
- ✓ Projetos de recuperação e reforço.
- ✓ Provas de carga.
- ✓ Monitoramento.
- ✓ Revisão de projetos.
- ✓ Instrumentação.

Solicite o **IPACON**.

Engenharia Diagnóstica



IPACON

Instituto de Patologias da Construção

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



A extração de corpos de prova ainda é a melhor tática para a avaliação da resistência à compressão.

Avaliando o concreto

Indiscutivelmente, a resistência à compressão do concreto é sua identidade perante a estrutura da edificação. No seu craxá está escrito que esta resistência, presente em cada local da estrutura, é dependente de fatores como dosagem da mistura, condições de cura, grau de consolidação e a conseqüente deterioração ao longo do tempo. A saúde do concreto e a extensão do seu problema é investigado indiretamente por testes de resistência, baseado na conclusão lógica de que a deterioração da estrutura resulta em conseqüente perda de resistência. Assim como checa-se, com freqüência, a saúde de um indivíduo com a análise do seu sangue, a avaliação da condição do concreto e possíveis causas de sua deterioração poderão ser obtidas diretamente com análises petrográficas e químicas.

O programa de amostragem, essencialmente estatístico, baseia-se na ASTM C823, **“Prática para exame e amostragem do concreto endurecido nas**



Grande parte, senão a totalidade das obras de recuperação de nossas edificações visam meramente o aspecto estético. Qual será a causa? Engenheiros civis sem conhecimento de patologia? Entidades controladoras sem plano de ação ou com política errada?

CLOR-TEST



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 03

construções”, e deverá ser feito nos locais onde foram executados os ensaios NDT, de modo a promover correlação ou, simplesmente, em locais que possa caracterizar uma condição pouco comum, alarmante que seja, em alguma região da estrutura. Evidentemente, o número e o ta-

manho das amostras dependerão dos testes de laboratório necessários, além do grau de confiança desejado com a média obtida. Uma análise minuciosa visual poderá informar se o concreto da estrutura é ou não homogêneo, ou se existem regiões que apresentem diferenças na composição,

condição ou na qualidade. Esta tática influenciará o tipo de amostragem a ser feita. Como o concreto não é isotrópico, deverá-se considerar que suas propriedades variarão com a direção e a posição em que as amostras sejam tiradas. Por exemplo, amostras tiradas em peças verticais como pilares, vigas parede etc, terão suas propriedades alteradas com a altura, devido às diferenças naturais que existem ao lançar e compactar o concreto nestas peças que, invariavelmente, segregam, exudam, perdem a pasta cimentícia, etc. Segundo estudos recentes, a resistência do concreto diminui à medida que se eleva seu lançamento.

Tirando corpos de prova

Os procedimentos para a retirada dos corpos de prova com extratora são dados pela ASTM C42/C42M, “**Método para obter e testar corpos de prova ou vigas de concreto**”. Basicamente, para a análise da propriedade resistência, dever-se-á extrair peças com diâmetro de, pelo menos, duas vezes ou, preferencialmente, três vezes o tamanho nominal máximo da pedra. Seu comprimento deverá ser duas vezes o diâmetro, evitando-se a presença de ferros. Neste particular, o da presença de ferros no corpo de



Edifícios à beira mar, invariavelmente, com poucos anos de uso, já apresentam problemas estruturais, devido a corrosão em suas armaduras. Aço no lugar errado? Ausência de prevenção?

COMBATA A CORROSÃO EM SUA OBRA DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

Faça proteção catódica com Pastilha Z, sua única garantia contra o retorno da corrosão nos seus serviços de recuperação/reforço estrutural. Suas vantagens são inúmeras:

- Proteção localizada contra a corrosão nas armaduras, em qualquer tipo de estrutura, para todo tipo de ambiente.
- Anula a corrosão localizada (ring anode), comum nos serviços de recuperação estrutural.
- Pastilha Z é facilmente incorporada em armaduras novas ou em estado de corrosão.
- Pastilha Z garante sua estrutura por, pelo menos, 15 anos contra a corrosão.

Metal anódico especial



Matriz cimentícia iônica condutiva.

Arame de amarração.

PASTILHA Z

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 04

prova, usa-se os detectores de armaduras apresentados na edição anterior.



Neste pilar, de um prédio à beira mar, o problema só foi diagnosticado quando houve o deslocamento do mármore, acusando enorme perda de seção nas armaduras, devido a corrosão. Procedimentos tradicionais de tratamento da corrosão à base de massas prefabricadas e revestimentos epóxicos ainda são usados, promovendo um comprometimento ainda maior da estrutura.

Ainda com relação à resistência a compressão do concreto, caso sejam tirados corpos de prova com relação comprimento/diâmetro menor que 1,75, dever-se-á aplicar os fatores de correção da resistência oferecidos pela norma ASTM C42/C42M. O teste de compressão deverá ser feito com o mesmo nível de umidade presente no local da estrutura. O American Concrete Institute alerta, com razão, que não deverão ser tomadas amostras de concretos de prédios que tenham desabado com o único objetivo de analisar sua resistência à compressão.

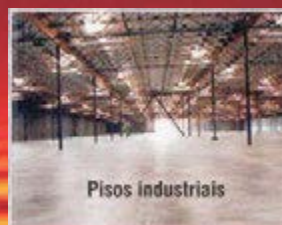
A análise petrográfica e química do concreto são de extrema importância para a avaliação da resistência da estrutura existente, pelo simples fato de que informa a composição do concreto, sua condição presente e as possibilidades para uma futura deterioração. A petrografia envolve técnicas analíticas como a microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração do raio X (DRX), espectroscopia do infravermelho e as análises térmicas diferenciais. Com estes testes obtém-se:



✓ Densidade da pasta de cimento.	✓ Características e distribuição dos vazios.
✓ Tipos de cimento empregados.	✓ Grau de consolidação.
✓ Proporção do cimento não hidratado.	✓ Presença de tratamentos especiais.
✓ Presença de pozolanas ou cimento de escórias.	✓ Ocorrência e distribuição de microfaturas.
✓ Proporção volumétrica dos agregados, pasta de cimento, vazios, assim como a forma, a distribuição dos tamanhos e sua composição.	✓ Presença de contaminantes.
✓ Homogeneidade do concreto.	✓ Problemas relacionados a cura.
✓ Presença de fibras e materiais estranhos.	✓ Presença da etringita dentro da pasta de cimento, indicando ataque por sulfatos.
✓ Natureza da interface entre agregados e pasta de cimento.	✓ Presença de produtos da corrosão.
✓ Proporção em que a pasta reveste os agregados.	✓ A evolução do envelhecimento da superfície.
✓ Reações perniciosas entre agregados e o álcalis do cimento, sulfatos e sulfetos.	✓ Evolução dos produtos da corrosão.

Trincas e Fissuras em Pisos e Lajes?

METACRILATO



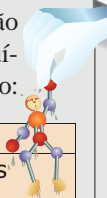
Com viscosidade igual a da água, o **METACRILATO** preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura com até 0,05mm de abertura, em pisos, bastando verter o produto. Em apenas meia hora, com o **METACRILATO**, também se monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. É só 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 05

Os procedimentos para a análise petrográfica obedecerão a norma ASTM C856 - "Prática para exame petrográfico do concreto endurecido". Toda e qualquer informação a respeito da estrutura e seu histórico, deverão ser levadas ao petrógrafo. A análise química, por sua vez, é mais direta e informa sobre a presença ou não de inúmeras substâncias, os prováveis caminhos da deterioração e, adicionalmente, profetizá-los, caso as condições de exposição permaneçam imutáveis. Análises químicas que se fazem com frequência são:

Teor de cimento.
Composição química dos materiais cimentícios.
Presença de aditivos.
Teor de sais solúveis.
Reatividade álcali-silica.
Profundidade da carbonatação.
Teor de cloretos, sulfatos e nitratos.



Os dois últimos testes tem ligação direta com o desenvolvimento da corrosão nas armaduras.

Já que falamos em armaduras, o aço também tem vez na coleta de amostras com o importante objetivo de se conhecer sua re-

sistência no escoamento. Os procedimentos para determinar os comprimentos das amostras, sua preparação, teste e determinação da resistência ao escoamento é fartamente dado pela ASTM A370, "Métodos e definições para testes mecânicos de produtos de aço". As amostras deverão ser retiradas nos locais onde as tensões nas armaduras sejam mínimas, e uma por região, de modo a não fragilizar a peça estrutural. Para o caso de retirada de amostras de cordoalhas de cabos de protensão, o que é bem mais complexo, dever-se-á seguir os procedimentos limitados existentes na norma ACI 423.4R, "Corrosão e recuperação de monocordoalhas não injetadas".

Quem não percebeu ou não ligou o desconfiômetro, deverá entender que, para uma perfeita avaliação da resistência do aço nas estruturas de concreto armado-protendido, necessitar-se-á de mais segredos, além do seu escoamento. Assim, neste sentido, deverá buscar o comprimento desenvolvido, a ancoragem e a redução na seção ou perda de aderência, devido à mal intencionada corrosão. O fato é que este fenômeno, amoiado no ventre das peças estruturais, reduz sua capacidade e sua dutibilidade, devido

a inevitável perda de seção e o natural comprometimento da ancoragem (veja RECUPERAR nº 59). Não há normas que informem ou deem diretrizes sobre a redução da

GLOSSÁRIO

Dutibilidade – propriedade que o aço tem de se deformar plasticamente sem fraturar. É medida pelo alongamento ou pela redução na seção, durante o teste de tração.

Carbonatação – transformação química na qual minerais são alterados para carbonatos, devido ao ácido carbônico.

Cloretos – são os sais do ácido clorídrico (HCl).

Sulfato – sal do ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Nitratos – sal derivado do ácido nítrico, HNO₃.

Resistência ao escoamento – é a tensão, observada no limite de proporcionalidade do aço, para os quais desvia-se daquela proporcionalidade característica da tensão-deformação para uma quantidade especificada.

Corrosão – reação eletroquímica entre as pilhas naturais existentes no aço e seu ambiente, no caso o concreto, o qual é responsável por sua desintegração.

Pilha eletroquímica – sistema eletroquímico constituído de um anodo e um catodo em contato metálico e imerso em um eletrólito. No caso do aço, existem milhares de pilhas eletroquímicas com áreas dissimilares ao longo de sua superfície. O aço é um metal extremamente reativo e necessita proteção complementar quando utilizado em ambiente corrosivo.

Carbonatos – sal derivado do ácido carbônico, H₂CO₃. Os carbonatos também são chamados de bicarbonatos.



A análise dos potenciais da SEMI-PILHA é prática corrente em todo trabalho investigativo do concreto armado.



O uso do exclerômetro e penetrômetro ajudam enormemente no levantamento expedito da resistência à compressão.



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

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 (desplacamentos).




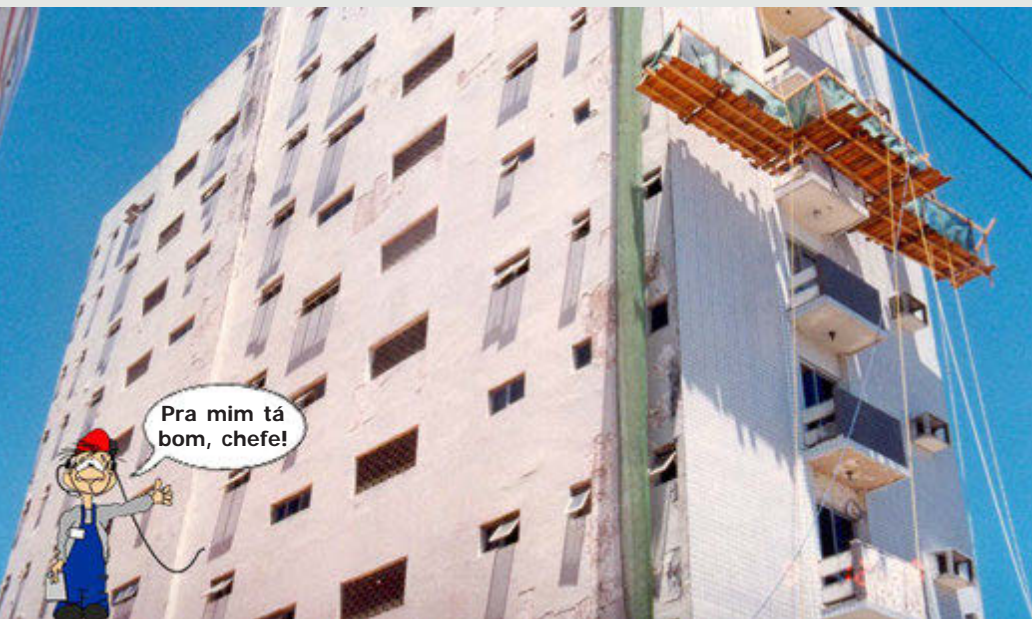
evite isto!

CPV-4
 Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-6740
 fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 06

capacidade das peças estruturais, uma vez infectadas pelo vírus da corrosão. O cabo de guerra desembestado por este fenômeno promoverá pressão anódica, com conseqüente perda da massa do aço e pressão catódica, motivada pela presença de água, oxigênio e contaminantes nas entranhas, quer dizer, interstícios do concreto. Uma vez no cipoal de encrascas que proprietários, técnicos e engenheiros têm ao lidar com a corrosão, a luz no fim do túnel aparece não com a atitude da avestruz enfiando a cabeça na areia das fórmulas mágicas de massinhas miraculosas e primers ricos de bale-

las. A luz de todo o túnel surge quando procuramos entender, mensurar, neutralizar e monitorar a corrosão. Uma vez nesta trilha, dever-se-á consultar, para o caso de suspeitas ou fatos, as normas ASTM C876, ACI 222.2R, ACI 228.2R, ACI 222R-96 e a ACI 2224-01, todas com importantes diretrizes sobre corrosão no concreto armado-protendido.

Na próxima edição apresentaremos todos os aspectos da investigação das condições de carregamento e a seleção dos métodos de investigação presentes na norma ACI 437R-03, finalizando-a. 



Costuma-se, como já salientamos, entregar-se toda a "revitalização" da edificação a empresas ou empreiteiros de "manutenção predial" para correção das patologias superficiais do acabamento sobre o concreto. E as patologias pertinentes ao concreto armado? Merecem o mesmo tratamento? Qual a posição do órgão controlador?

fax consulta nº 07



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Barlett, F.M., and MacGregor, J.G., 1994c, "Effect of Moisture Condition on Concrete Core Strengths", ACI Materials Journal.
- Barlett, F.M., and MacGregor, J.G., 1995, "Equivalent Specified Concrete Strength from Core Test Data", Concrete International.
- Bloem, D.L., "Concrete Strength in Structures", ACI Journal, Proceedings V.65.
- Bungey, J.H., The Testing of Concrete in Structures, 2nd Edition, Chapman and Hall, New York.
- Bungey, J.H., and Millard, S.G., Testing of Concrete in Structures, 3rd Edition, Blackie Academic & Professional.
- Carino, N.J.; Sansalone, M; and Hsu, N.N., "Flaw Detection in Concrete by Frequency Spectrum Analysis of Impact-Echo Waveforms", International Advances in Nondestructive Testing, W.J. McGonagle, ed., Gordon & Breach Science Publishers, New York.
- CIAS, Concrete Innovation Appraisal Service, 2000, "Guidelines for the Rapid Load Testing of Concrete Structural Members", CIAS Report 00-1, Farmington Hills, Mich.
- CRSI, Concrete Reinforcing Steel Institute, "Evaluation of Reinforcing Steel Systems in Old Reinforced Concrete Structures", Schaumburg, Ill.
- Davis, A., and Dunn, C., "From Theory to Field Experience with the Nondestructive Vibration Testing.

Vu-Con



eco-impacto para concreto armado e protendido

Quando se trata de testar estruturas de concreto, a determinação do tamanho, do tipo e, especificamente, a localização dos danos sempre tem sido um problema. Durante anos, diversos métodos têm sido usados para detectar a presença dos danos, mas não sua localização. Mesmo assim, a interpretação dos resultados é altamente subjetiva e, com frequência, difícil de entender. Estas limitações podem agora ser eliminadas pela técnica do eco-impacto, melhorada pelos recentes avanços da tecnologia de instrumentação e computação. Diversos danos e sua localização podem ser encontrados com precisão e confiabilidade.

Vu-Con

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

E a recuperação do concreto da edificação?

Causa e extensão do problema estão sendo investigados. Agora, quais os tipos de recuperação a serem empregados? Qual o bom e o mau aspecto de cada técnica de recuperação?

Está ficando bonito. Mas e o concreto armado como está?



GLOSSÁRIO

Ambiente – é o conjunto dos elementos que nos cercam, podendo ser biológicos e físicos (ou abióticos); nestes últimos destacam-se o clima, os solos e os recursos hídricos. Há uma interação de efeitos desses elementos.

Como de praxe, ao se revitalizar uma edificação, as atenções visam apenas o aspec to estético. Pode? E a situação da estrutura, do concreto, das armaduras?

A necessidade da presença de patologistas em toda e qualquer obra de recuperação deveria ser obrigatória. Empresas de construção ou de manutenção predial deveriam ter o acompanhamento de patologistas. Os órgãos reguladores deveriam intervir neste sentido.



ANÁLISE

Joaquim Rodrigues

A regra é clara. É preciso massa crítica para saber o tipo de recuperação a ser empregada na edificação, já que existe uma grande variedade de materiais específicos à disposição do projetista. Uma decisão errada poderá incorrer na indesejável incompatibilidade, com danos enormes à estrutura. Existem inúmeros fatores que afetam cada estratégia de recuperação apropriada ou específica a uma estrutura. Veja o quadro ao lado.

Continua na pág. 14.

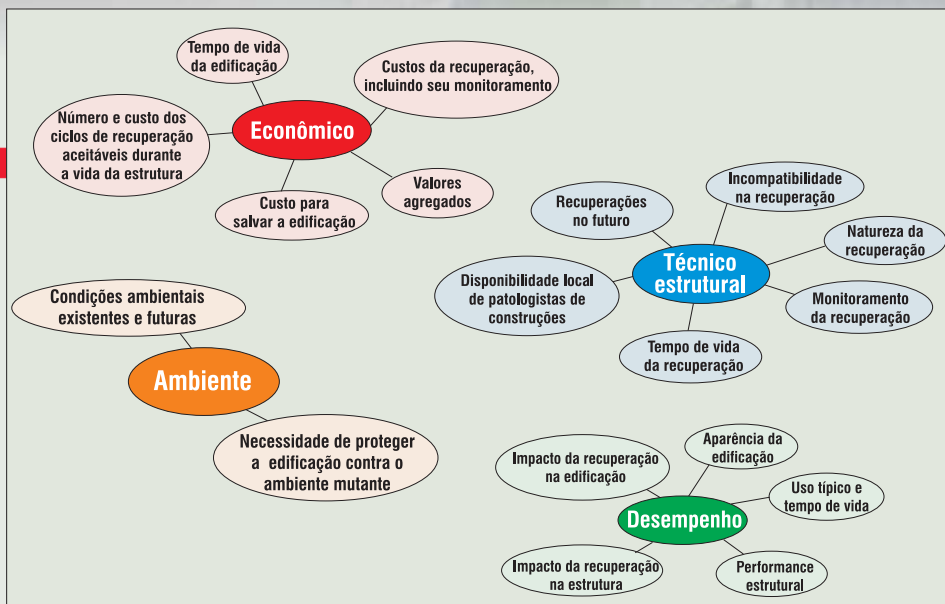


Figura 1 - Verdadeiros fatores que afetam a estratégia da recuperação.

CRACK-FÁCIL INJEÇÃO

NADA DE BOMBAS OU FURAÇÃO.



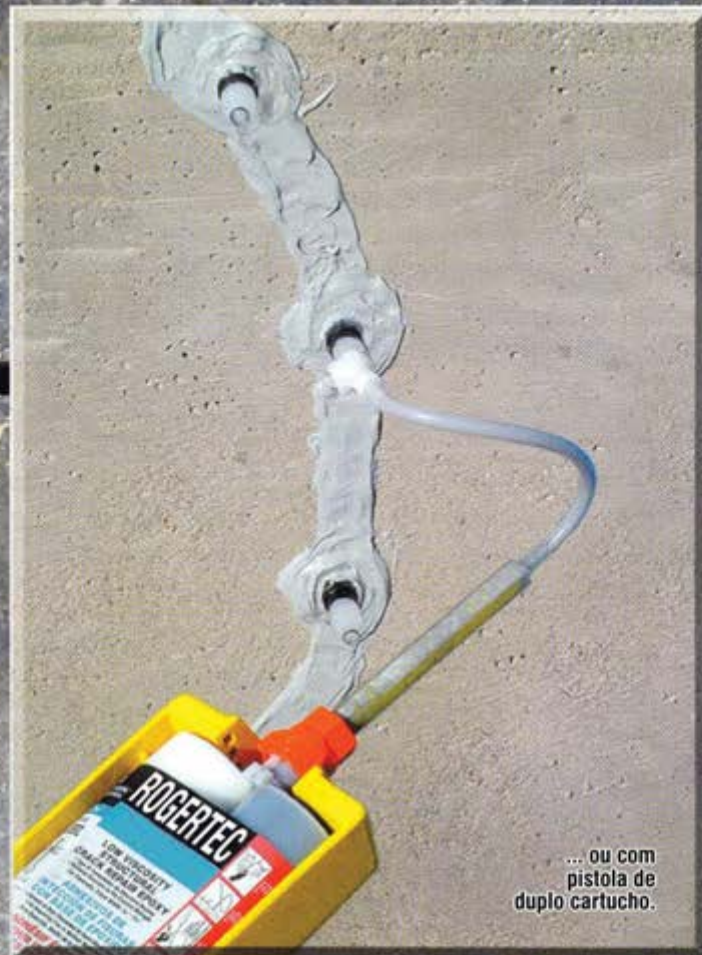
O novo sistema **CRACK-FÁCIL** é constituído por bicos injetores especiais e o tubo de conexão.



Basta fixá-lo ao longo da trinca e pronto.



A injeção poderá ser feita com adesivo estrutural, através de uma pistola simples



... ou com pistola de duplo cartucho.

A maneira mais fácil e moderna de monolitizar peças estruturais com adesivos de ultra baixa viscosidade e bicos conectores revolucionários

CRACK-FÁCIL

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-6740

fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consultã nº 10

Quais as opções para recuperar?

Existem várias opções que podem ser adotadas para recuperar um dano estrutural em uma edificação.

✓ Nada fazer.	✓ Recuperar e, se necessário, melhorar sua capacidade estrutural.
✓ Reconsiderar a capacidade estrutural da edificação com possibilidade de reduzir sua função.	✓ Adicionar pavimentos, reforçando solo, fundação e/ou estrutura.
✓ Neutralizar ou reduzir danos futuros.	✓ Demolição.

Evidentemente, será de grande importância a existência dos projetos da edificação e, por continuidade, o histórico de danos e, claro, sua condição atual. Algumas destas informações possibilitarão dar o tiro de partida para a escolha da melhor estratégia, eliminando uma série de opções. Evidentemente a doutrina patológica exige tudo sobre o saldo residual da verdadeira condição da edificação. Se entendermos que toda

GLOSSÁRIO

Coefficiente de dilatação térmica – medida do aumento de volume inicial, devido ao aumento da temperatura.

Relaxação – fenômeno de diminuição, no tempo, da tensão sob deformação constante.

Módulo de elasticidade – se em uma peça de concreto de dimensões fixas, com comprimento igual a unidade e de seção igual a unidade aplicarmos uma tensão de tração muito pequena T , haverá um alongamento em seu comprimento de C . Tão logo se suprima a tensão, o comprimento volta ao valor inicial. A relação T/C é, por definição, o módulo de elasticidade. É o coeficiente angular da reta que constitui o diagrama tensão-deformação.

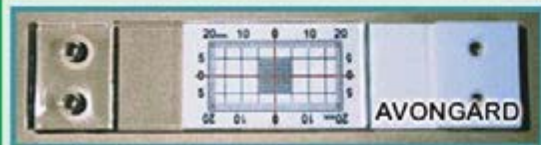
Retração – Contração do concreto endurecido, causado pela perda de umidade.

e qualquer edificação que se preza terá um tempo de vida superior a 70 anos, dever-se-á, sempre, considerar estratégias de recuperação eficientes e duradouras. O lado triste desta história é que proprietários e engenheiros costumam recuperar estruturas com base no menor preço, como se fossem durar, se muito, 5 anos. Por outro lado, ao selecionar uma estratégia de recuperação ou reforço para uma edificação é necessário entender que existe um fator chamado rejeição, irmão da incompatibilidade. Um exemplo típico é o uso de grouts com cerca de 50Mpa de resistência à compressão para recuperar ou reforçar peças de concreto armado de 20Mpa. Peca-se ao negligenciar a retração por secagem, o coeficiente de dilatação térmica, o módulo de elasticidade, relaxação etc, propriedades pertinentes a cada material e que, verdadeiramente, influenciam seu comportamento dimensional.



A verificação dos potenciais com a semi-pilha é análise obrigatória onde há presença ou suspeitos de corrosão. O costume tradicional de apenas considerar os “pontos de corrosão”, ou seja a situação terminal, desconsiderando a existência de processos em andamento, é tecnicamente errado e catastrófico. Invariavelmente, incorre-se em tratamento errado.

Ao selecionar métodos e materiais para recuperar estruturas de concreto armado, torna-se necessário e obrigatório avaliar suas vantagens e limitações e não apenas confiar e comprar com base no nome de



Medidores de trincas

Se há necessidade de saber a quantidade de movimento de uma junta, fissura ou trinca, os melhores e mais modernos equipamentos são os detectores de movimentos S.A.T. e AVONGARD. Estes simples e baratos equipamentos registram movimentos da ordem de 0,01mm. O S.A.T. é equipado com um cartão indestrutível, que é fixado na superfície, e um engenhoso riscador que assinala qualquer movimento, de forma contínua, estabelecendo o real funcionamento de fissuras, trincas ou juntas. O AVONGARD, é facilímo de instalar, durável ao extremo e fácil de ler. É capaz de ler movimentos verticais e horizontais em qualquer tipo de trinca.

MEDIDORES DE TRINCAS

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



Inerentes ao concreto

Influências ambientais

Projeto e execução inadequados

Causa do problema	Manifestação	Solução para a recuperação*	Impacto do serviço
✓ Concreto mal executado, poroso e com segregações.	✓ Baixa durabilidade. ✓ Problemas de esmagamento em pilares. ✓ Corrosão nas armaduras.	✓ Injeção para monolitização.	✓ Problemas estéticos.
		✓ Reforço com fibra de carbono MFC .	✓ Nenhuma.
		✓ Proteção catódica com Pastilhas Z ou TELA G .	✓ Danos físicos.
		✓ Hidrorepelência com SILANO-CORR em concretos aparentes.	✓ Nenhuma.
✓ Reação álcali-agregado.	✓ Trincas e fissuras.	✓ Injeção de RENEW .	✓ Problemas estéticos.
		✓ Injeção para monolitização.	✓ Problemas estéticos em pisos.
		✓ Reforço com fibra de carbono MFC .	✓ Nenhuma.
✓ Manutenção ataque com: ○ Lavagem com ácidos. ○ Impregnação de fungos. ○ Outros.	✓ Corrosão nas armaduras. ✓ Bolorência. ✓ Variada.	✓ Proteção catódica com Pastilha Z e TELA G .	✓ Danos físicos.
		✓ Tratamento com FUNGI RG .	✓ Nenhum.
		✓ Variada.	✓ Variada.
		✓ Proteção catódica com Pastilha Z e TELA G . ✓ Pintura.	✓ Danos físicos.
✓ Umidade excessiva e confinada.	✓ Deslocamentos com corrosão nas armaduras do concreto.	✓ Proteção catódica com Pastilha Z e TELA G . ✓ Pintura.	✓ Danos físicos.
✓ Maresia.	✓ Deslocamentos com corrosão nas armaduras do concreto. ✓ Contaminação do concreto.	✓ Proteção catódica com Pastilha Z e TELA G . ✓ Pintura.	✓ Danos físicos.
✓ Ataque químico.	✓ Deslocamentos com corrosão nas armaduras do concreto. ✓ Contaminação do concreto.	✓ Proteção catódica com Pastilha Z e TELA G . ✓ Pintura especial com EPÓXI nº 28 .	✓ Danos físicos.
✓ Estacas e sapatas de fundação com corrosão devido a acidificação do solo.	✓ Deslocamentos com corrosão nas armaduras do concreto. ✓ Contaminação do concreto.	✓ Proteção catódica com T.A.G.	✓ Danos físicos insignificantes.
✓ Concreto armado subdimensionado.	✓ Trincas, fissuras e deformações.	✓ Reforço com fibra de carbono MFC .	✓ Nenhuma.
		✓ Inclusão de novas peças.	✓ Alteração na edificação.
✓ Concreto com baixa resistência.	✓ Trincas, fissuras e deformações.	✓ Reforço com fibra de carbono MFC .	✓ Nenhuma.
		✓ Inclusão de novas peças.	✓ Alteração na edificação.
✓ Cura inadequada.	✓ Trincas e fissuras. ✓ Perda da resistência superficial.	✓ Injeção com epóxi com viscosidade igual ou menor que 50cps ou EPÓXI PP50 . ✓ Endurecedor de superfície.	✓ Problemas estéticos em concreto aparente.
✓ Problemas de retração plástica.	✓ Trincas e fissuras.	✓ Injeção com epóxi com viscosidade igual ou menor que 50cps ou EPÓXI PP50 .	✓ Problemas estéticos em concreto aparente.

* Frequentemente ter-se-á a combinação de soluções.

grandes empresas multinacionais. Geralmente somos induzidos a ignorar a causa e, claro, erramos no diagnóstico. Naturalmente, erra-se na terapêutica. Recuperar apenas por recuperar, sem analisar a causa do problema e seus tentáculos, quase que invariavelmente, nos faz entrar num círculo vicioso repetitivo e prejudicial à estrutura, com período de duração médio de 5 anos. E achamos ótimo. As grandes empresas fornecedoras se deliciam com isto.

Um exemplo típico é quando deseja-se recuperar um pilar ou uma viga com exposição de armaduras corroídas ou com deslocamentos. O ato de apenas limpar a armadura, aplicando-se revestimentos miraculosos do tipo epóxi rico em zinco (?) ou massinhas com polímeros e, de quebra, com agentes iônicos inibidores da corrosão (?) que servem, inclusive, como ponte de aderência, é tão cômodo quanto irracional, caso típico da ausência de diagnóstico e terapêutica equivocada. Vamos por partes. A velocidade da corrosão do aço reativo, rico em pilhas de corrosão, só é verdadeiramente interrompida se fizermos uma outra pilha

GLOSSÁRIO

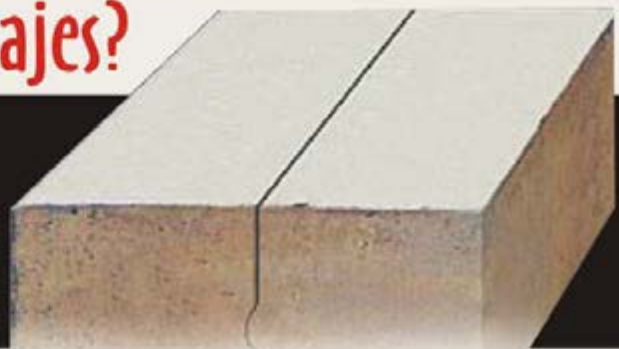
Incompatibilidade – desunião, impossibilidade de existência paralela de dois ou mais materiais. Um caso típico é o uso de tinta esmalte sobre tinta à base d'água. Pintura com tintas nobres como epóxios sobre superfícies de concreto sem preparação adequada, quer dizer sobre aquela nata superficial. Tratamento da corrosão com massas prefabricadas e/ou com pintura das barras leva a incompatibilidade eletroquímica do processo de corrosão existente, complicando e estendendo-o ainda mais. Na medicina: condição entre dois indivíduos na qual um é portador de um antígeno e o outro, do anti-corpo correspondente.

Antígeno – nome dados às substâncias que, penetrando no organismo, são capazes de provocar a formação de substâncias protetoras chamadas anticorpos.

Juntas serradas em pisos e lajes?

Só com Epóxi Semi-Rígido 36

A melhor solução para juntas serradas é o EPÓXI 36. Penetra nas bordas, permitindo que a junta "trabalhe" adequadamente. Não deixa as bordas quebrarem.



Use Tecnologia.

Use EPÓXI 36

Agora para injeção também, com apenas 90cps.

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

O flagrante da recuperação estrutural motivada pela corrosão

O "tratamento" generalizado e rotineiro de pequenas regiões de peças estruturais de concreto armado, com argamassas pré-fabricadas "chipadas", como se fossem remendos de uma colcha de retalhos, não é a estratégia apropriada para impedir a continuidade do processo de corrosão. É imperativo, antes de mais nada, identificar cada micro ambiente que envolve a edificação e diagnosticar precisamente a causa da deterioração de maneira a ajustar o método de tratamento apropriado. Uma edificação exposta à maresia, certamente terá reações de oxirredução nas armaduras, devido à contaminação do concreto pelos sais presentes no ar. Um outro prédio poderá ter em sua garagem, ausência de ventilação e umidade reinante extremamente alta que, aliada às emanações de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) alimentarão a simultaneidade da oxirredução da corrosão. A cor-

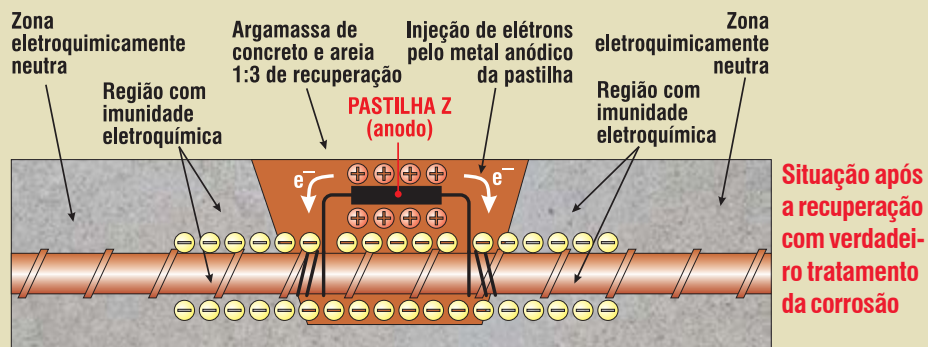
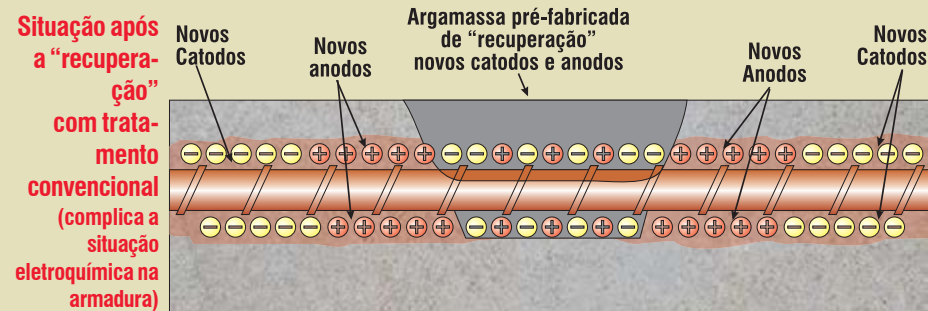
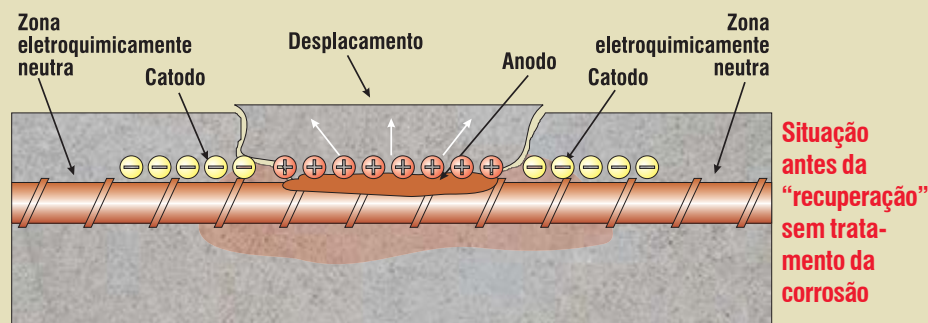
GLOSSÁRIO

Oxirredução – fenômeno pertinente ao processo de corrosão no aço, constituído por um sistema simultâneo onde elétrons são removidos de um grupo de átomos (oxidação) em benefício de um outro grupo de átomos (redução). A força que executa estas reações simultâneas provém do potencial eletroquímico.

Monóxido de carbono (CO) – importante composto do carbono, devido a sua toxidez. Existe em quantidades apreciáveis nos gases de exaustão dos automóveis. Forma-se pela combustão incompleta do carbono em contato com o oxigênio. É inodoro e menos denso que o ar.

Imunidade – estado de resistência à corrosão ou catodicamente firme causada pela estabilidade termodinâmica do metal.

Termodinâmica – ciência que define quais reações são possíveis e qual reação irá ocorrer. Base para a compressão da corrosão.



rosão no aço do concreto armado desenvolve-se pela formação de anodos e catodos. A formação de um anodo na superfície do aço, pode forçar catodos a desenvolverem-se em torno dele. Fica claro, então, que este mesmo anodo é que promove a proteção (catódica) galvânica para aquela região em torno dele.

Ao fazer um "remendo" com argamassas ou revestimentos chipados" sobre aquela pobre região anódica em desintegração, os catodos, até então protegidos por aquele anodo, ficarão a míngua, tornando-se anodos em seu próprio domínio, perpetuando o processo de corrosão.

ainda mais reativa, quer dizer, se instalarmos junto ao aço um outro metal bem mais reativo e anódico que o ferro, de modo a torná-lo catódico. Processo este chamado proteção catódica. A estratégia de fazer barreiras na superfície do aço do concreto, debilitado pela corrosão, com o objetivo de interrompê-la é utópica e fantasiosa para não dizer desastrosa, já que nada de positivo acontece na eletroquímica das reações de oxirredução envolvidas. Agora, misturar o excelente polímero epóxi, colador estrutural por natureza, isolante elétrico n° 1 de circuitos eletrônicos, com partículas de zinco e tentar convencer técnicos e engenheiros a acreditar que haverá a troca galvânica entre cada uma das partículas de zinco com a superfície do aço é uma façanha. Outro mistério tecnológico do *repairbusiness*, são as argamassas cimentícias pré-fabricadas, modificadas com polímeros (isolantes elétricos por natureza) de modo a incentivar a aderência e de estimular a retração. Excelente. Até aí não há mistério nenhum. O problema é que in-

Dúvidas ao lidar com corrosão?

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

CONSUL-CORR
Especialistas em corrosão.

Tele-atendimento (0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta n° 13

A corrosão devido a aços diferentes

Atores de um mesmo circo chamado concreto, os aços empregados em peças estruturais armadas e protendidas não podem fazer contato entre si. Isto, porque apresentam composições diferentes e, conseqüentemente, potenciais de corrosão diferentes. Ligá-los na mesma peça estrutural, em determinadas condições, significa corrosão. Exatamente pelo fato de que todo concreto que se preza tem porosidade, aeração diferenciada, condutividade elétrica (ou resistividade), sais dissolvidos, umidade e predisposição a tornar-se ácido, devido a chuva ácida. Estes fatores relacionam-se entre si. Por exemplo, um concreto com alta permeabilidade retém mais água e contaminantes, seja na forma líquida ou va-

por, adquirindo alta condutividade elétrica, potente motor de arranque para detonar milhares de micropilhas galvânicas, sem resistência fixa, mas com pávio curtíssimo, ao longo da superfície do aço.

GLOSSÁRIO

Pilha de aeração diferencial – uma pilha eletrolítica. Força eletromotriz detonada pela diferença nas concentrações de ar (oxigênio) em uma e outra região da mesma armadura. Esta diferença conduz à formação de anodos e catodos.

Pilha eletrolítica – consiste de um vaso, anodos e catodos, além do eletrólito. A partir daí, ocorrem mudanças químicas no eletrólito, devido a surgência de corrente elétrica.

Situação típica de “recuperação estrutural” onde retira-se os efeitos da corrosão...



...e, por comodismo irracional, aplica-se revestimentos miraculosos. Após algum tempo mais corrosão.

ventaram pôr agentes iônicos inibidores de corrosão nestas argamassas, jurando que os pobres coitados conseguem se infiltrar como cães de guarda chipados em direção às armaduras em meio a todo esse chiclete. Missão impossível. Mas o cliente masoquista compra satisfeito e o vendedor sádico se deleita pela venda, sem saber exatamente o que vendeu.

fax consulta nº 14



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- ACI 224.1R - 93 - Cause, evaluation and repair of cracks in concrete structures.
- DD ENV 1504-9 - Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity. British Standards Institution..
- Broomfield, J.P. - Corrosion of steel in concrete: understanding, investigation and repair.
- Concrete Society Technical Report nº 36 - Cathodic Protection of Reinforced Concrete.

Corrosão generalizada?



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

TELA GALVÂNICA G

- 100% proteção catódica.
- ampla proteção contra corrosão generalizada em qualquer tipo de estrutura.
- interrupção instantânea da corrosão.
- facilmente incorporada a estrutura.
- seus benefícios são facilmente checados com uma semi-pilha.
- garantia superior a 15 anos.



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

O perigo mora ao lado.

EDIFICAÇÕES EM CONCRETO PROTENDIDO ULTRAPASSAM OS VINTE ANOS DE VIDA. A CARÊNCIA DE SINAIS DE DETERIORAÇÃO, AO CONTRÁRIO DO VELHO E CONHECIDO CONCRETO ARMADO, NÃO DEVERÁ SER MOTIVO DE PREOCUPAÇÃO? O QUE FAZER?

Prédios em concreto aparente, particularmente à beira mar deverão ser motivo de monitoramento periódico. É inconcebível adotar a velha tática errada de deixar os sintomas aparecerem para se tomar providências.

Os métodos construtivos, na maioria das vezes, ignoram conceitos eletroquímicos elementares incorporando, no mesmo ambiente chamado concreto, aços de composições químicas diferentes. Há cerca de quatro anos no Brasil e há trinta anos nos EUA, o uso de lajes protendidas com cordoalhas engraxadas e plastificadas, a chamada protensão leve, já está disseminada no nosso mercado.

ANÁLISE

Paulo Afonso de Andrade

Técnicos e engenheiros civis, infelizmente, pouco sabem sobre concreto protendido. Faz parte do jogo. No entanto, o *homo patologicus* precisa, deve e necessita saber sobre , já que é essencial para a segurança e a estabilidade da edificação, além de ser condição e base para a estratégia de sua recuperação.

Cada vez mais prédios são construídos pela técnica do pós-tensionamento (PT), utilizando-se cabos aderidos ao concreto, através de injeção de calda de cimento, e não aderidos, onde o espaço entre a bainha e o cabo é preenchido com graxa, permitindo ao cabo mover-se livremente dentro do concreto.



Ancoragem ativa, ou seja, o lado onde executa-se a protensão. Todo este aparato formado por cabos de aço de alta resistência (engraxados e plastificados) e aço comum da construção terá como ambiente comum, o concreto. Trata-se de uma região crítica.

Reforço Estrutural...

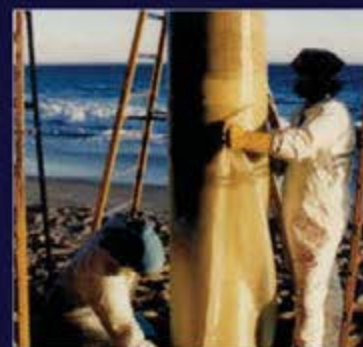
...só com sistemas MFC.



Manta de Fibra de Aço.



Manta de Fibra de Carbono



Manta de Fibra de Kevlar

PRODUTOS MFC:

- *Manta de Fibra de Carbono*
- *Manta de Fibra de Kevlar*
- *Fita de Fibra de Carbono*
- *Barras de Fibra de Carbono*
- *Mantas de Fibra de Aço*
- *Fibra de Vidro Estrutural*
- *Tecnologia a toda prova*

Os sistemas de reforço estrutural MFC foram desenvolvidos no Japão e EUA com o mais perfeito requisito resistência-durabilidade.

Dispomos de uma formidável linha de produtos com acessoria técnica, para todas as empresas e profissionais, aliando viabilidade, segurança, preço e qualidade.



Lider em Reforços Inteligentes

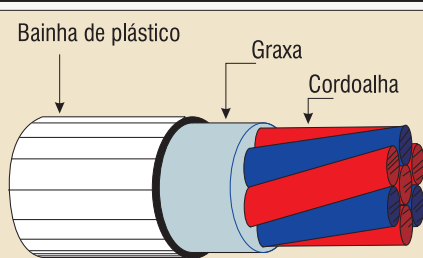
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 17

Entenda o assunto

O concreto protendido é um tipo de concreto armado onde a armadura é colocada em carga, de forma que as tensões permanentes de compressão, para uma determinada solicitação, são substancialmente aumentadas, seja para uma determinada peça ou toda uma estrutura. Comparado ao concreto armado convencional, apresenta uma capacidade de carga maior, com uma flexão menor, isto supondo-se um mesmo tipo de carregamento.

O concreto protendido utiliza a técnica de pré-tensionamento e a de pós-tensionamento para a sua execução, sendo que o primeiro é feito em conjunto com a pré-moldagem da peça em canteiros especializados onde são obedecidas todas as técnicas dos pré-moldados. O pós-tensionamento, ao contrário, é feito na própria obra, sendo somente executado após os trabalhos de fôrma, armação, concretagem e, principalmente, quando obedecido o período de cura, adquirindo-se uma determinada resistência à compressão.

São utilizadas bainhas (dutos) metálicas ou plásticas para evitar que as cordoalhas, que formam o cabo, não adiram ao concreto, já que aquelas necessitam ser tencionadas (esticadas). Poderão ser utilizados cabos com apenas uma cordoalha. A força de protensão a ser imposta aos cabos é transmitida ao concreto pelo que chamamos de "extremidade viva" e através de cunhas especiais previamente ancoradas, utilizando-se macacos hidráulicos portáteis. A cavidade sobre a qual é colocada a cunhas de reação ao tensionamento a ser aplicado, normalmente é preenchida com um graut especial. O lado oposto à "extremidade viva" é chamado de "extremidade morta" e é apenas preenchida com concreto sob a cunha de reação.



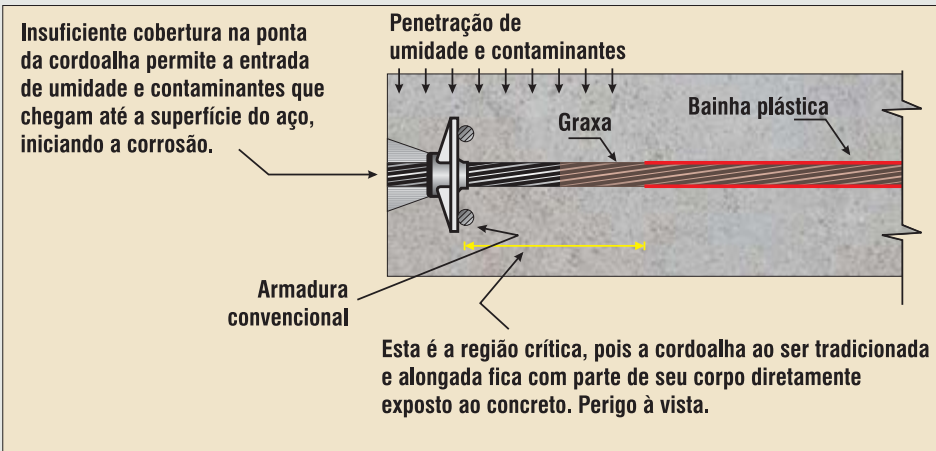
Um típico cabo não aderido utilizado em lajes protendidas e em trabalhos de reforço por protensão externa, formando uma mono-cordoalha de 7 fios, diâmetro aproximado de 12,7mm e com carga de ruptura de 1.900kgf. Uma graxa inibidora de corrosão envolve a cordoalha.

Se a bainha é preenchida com calda de cimento, consegue-se uma boa aderência do cabo com o concreto, dando-se o nome de concreto pós-tensionado com cabo aderido. No concreto pós-tensionado com cabos não aderidos, a bainha não é preenchida após os trabalhos de tensionamento, ficando livre para mover-se. No sistema de multi-cordoalhas os trabalhos de injeção de calda de cimento é difícil e custoso e no de mono-cordoalha, a protensão com pós-tensionamento não aderido (cabo solto) é usada em edifícios, pontes, lajes de estacionamentos, vasos de reatores nucleares, tanques e estruturas de contenção. O cabo não aderido mais comumente usado é o com mono-cordoalha para esforço de tração até 1.900Mpa, com sete fios e 12,7mm de diâmetro. A cordoalha é coberta com uma graxa especial. Os aços especiais para protensão têm diretrizes definidas nas normas NBR-7482, ASTM A421, além da BS 2691 e 3617.

Os aços atuais empregados em estruturas de prédios com PT utilizam fios, cordoalhas e até barras rosqueadas. O sistema com cordoalha de 12,5mm de diâmetro, constituído por 7 fios individuais unidos e torsidos com resistência de 1900Mpa, engraxados e envolvidos em bainha plástica é o mais utilizado pelos projetistas e construtores em todo o mundo.

Danos e perdas no PT

É comum encontramos prédios construídos, e em fase de construção, utilizando PT com mono e multicordoalhas não aderidas. Focalizando estes sistemas, podemos resumir uma série de danos ou colapsos como resultados das seguintes ações:



Lajes severamente comprometidas: lavagem com detergentes clorados em sua região superior.

- Sobrecarga nos cabos protendidos além da sua resistência última. Problemas com a força e o alongamento durante a protensão.
- Maresia, chuvas intensas, ambiente industrial nas porções não protegidas das cordoalhas situadas nos terminais de ancoragem ou na região intermediária da ancoragem.
- Corrosão no aço de protensão, nas ancoragens ou nas extremidades ou aberturas por onde a calda é injetada ou purgada.

O risco maior, no entanto, ocorre pelo fato de água ou solução aquosa fazer contato com a superfície e penetrar nos capilares do pseudo-sólido chamado concreto. Uma vez no interior do concreto, chega à bainha de polietileno que, caso seja reciclado (cada vez mais comum), o que é difícil perceber, poderá apresentar furos diminutos, o que permitirá a penetração da solução chegando à superfície do aço. Nos terminais de ancoragem a presença d'água poderá ser uma constante já que não é costume proteger estes lo-

Continua na pág. 24.



Cabos PT severamente corroídos e/ou partidos na posição de ancoragem intermediária.

Problemas de corrosão na ponta de uma típica monocordoalha de lajes.



RAS

O assassino da
Reatividade Álcali-Sílica



RENEW

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



Laje superior e inferior, com PT, do estacionamento de um shopping.

cais com barreiras apropriadas ou com proteção catódica por corrente galvânica.

A presença da água emulsifica a graxa protetora, expondo sua superfície reativa a um processo chamado de fragilização no aço e a própria e velha corrosão na cordoalha. Estes dois fenômenos, fragilização e corrosão, sem contar o fenômeno Bin Laden indesejável associados a problemas com o excesso de força e alongamento durante a protensão, poderão detonar precocemente a resistência última do aço e conduzi-lo à rutura. Nas regiões da estrutura onde exista pouca camada de recobrimento, a rutura do aço de protensão, frequentemente, promove deslocamentos.

GLOSSÁRIO

Emulsificar – dispersar um líquido em um meio onde é insolúvel, a fim de se obter uma emulsão.

Emulsão – meio heterogêneo constituído pela dispersão de um líquido em outro, no qual o primeiro não aceita mistura.

Avaliação

A técnica de avaliação de estruturas PT empregada em edifícios, sejam residenciais, industriais ou edifícios garagem, consiste no seguinte:

- **Teste, arrastando-se uma corrente** na laje ou utilizando-se um pequeno martelo para percussão de modo a identificar zonas deslocadas.
- **Execução de pequenas “janelas”** nas regiões inferiores dos cabos para exame da superfície das cordoalhas, presença de graxa emulsificada, ausência de calda de cimento e até a existência da indesejável água.
- **Remoção de plugs empregados** na injeção de modo a se testar as ancoragens.
- **Verificação empírica das condições** de tração das cordoalhas usando-se uma

fissuramento na superfície do concreto sem qualquer dano no sistema do PT, verificado com a ajuda de equipamentos NDT. Deslocamentos e a necessidade do tratamento da corrosão em algumas cordoalhas e, finalmente, um quadro de deslocamentos,

simples chave de fenda ou até mesmo uma pequena alavanca para teste e até a remoção das cordoalhas partidas.

- **Dispositivos de ancoragem** com sinais de corrosão deverão ser checados.
- **Extração de cordoalhas** para análise metalúrgica, existência de fios partidos e a presença de corrosão na sua forma mais crítica: a corrosão sob tensão e a fragilização pelo hidrogênio.



Esta investigação poderá revelar três situações bem típicas: algum deslocamento ou

devido a corrosão, onde haja o comprometimento de todas as cordoalhas (cabos de

Equipamentos para Desprotensão

Bomba Hidráulica com acionamento manual



Bomba Elétrica e Cilindros Hidráulicos



DESPROTENSÃO

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 20

ZLP 15 anos

PROTEÇÃO CATÓDICA LÍQUIDA

Proteção Total nas Estruturas Metálicas

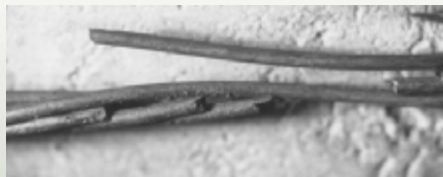
Tintas e revestimentos em estruturas metálicas apresentam furos e falhas através dos quais instala-se a corrosão. Proteção líquida contra a corrosão só com ZLP. Você aplica e a troca galvânica é instantânea. ZLP é proteção catódica líquida, aplicada com spray, pincel ou rolo, com garantia superior a 15 anos. Saiba mais sobre a tecnologia do ZLP, sua real proteção contra a corrosão no concreto armado ou protendido.

ZLP - PROTEÇÃO CATÓDICA

Tele-atendimento
(0XX21) 2494-4099
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 19

A corrosão no aço de protensão

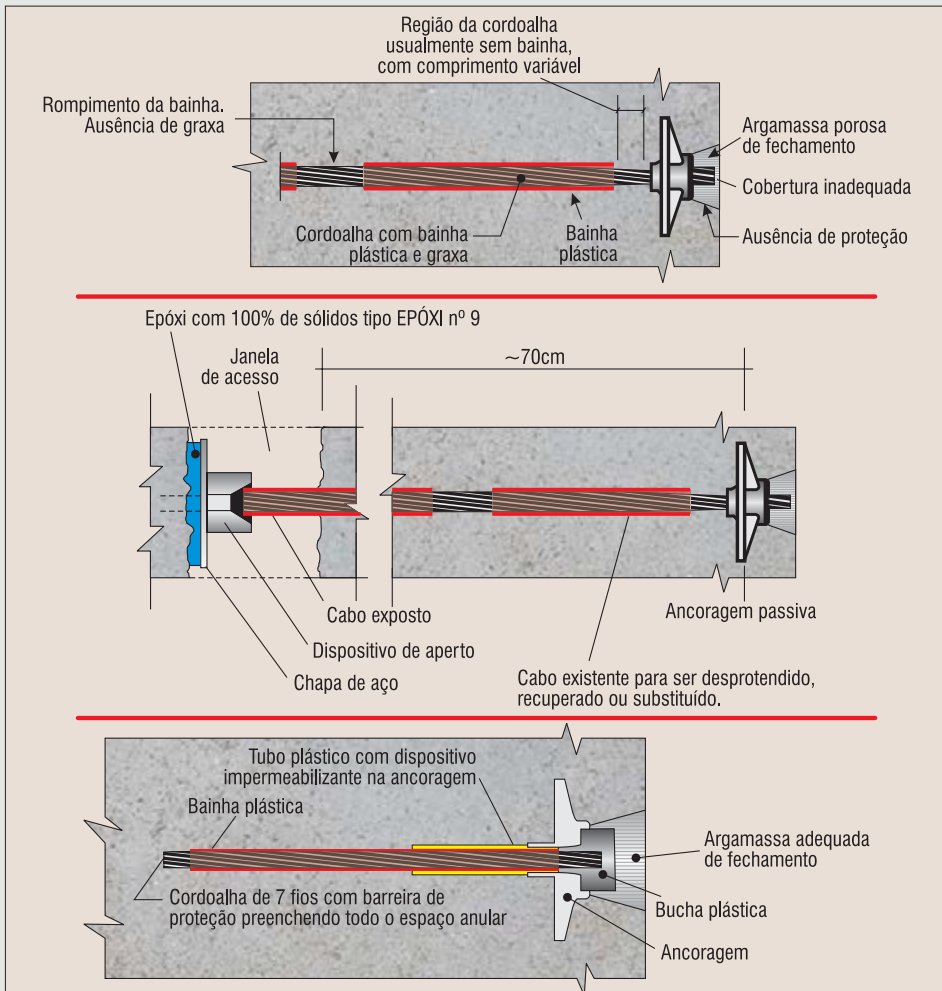
Corrosão no aço é um fenômeno eletroquímico. Quer dizer, estabelecem-se anodos e catodos interligados por reações de oxidação e redução simultâneas que produzem potenciais elétricos em presença da umidade e do oxigênio. Estas reações são potencializadas com a presença de contaminantes no concreto, tipicamente sais do tipo cloretos, sulfatos, nitratos etc. A perda de seção em fios e barras de protensão é crítico e extremamente perigoso, o que não é tão verdadeiro para barras pertencentes ao concreto armado. A encrência para o aço protendido, no entanto, não pára na corrosão desenvolvida na superfície do aço. O diagnóstico microscópico de dois outros tipos de danos no aço protendido, promovido pelo ambiente que o cerca, conduz ao chamado fissuramento, devido ao ambiente. Os dois danos conseqüentes são a corrosão sob tensão fraturante na estrutura intergranular do aço e o



Monocordoalha, retirada da laje, tendo fios partidos. fissuramento causado pela introdução do hidrogênio sua estrutura, evidenciam microfissuras não detectadas a olho nu que, invariavelmente, conduzem à ruptura frágil, prematura e com ausência de sinais, o que é sinistro. Só complementando, no concreto protendido, a deformação devido a fluência (creep strain) não é crítica, porque a tensão no aço, nas estruturas protendidas, não permanece constante mas sim o comprimento deformado obtido após a protensão. Assim, sobressai a relação.

protensão sem aderência permitem a substituição em caso de comprometimento). A estratégia para os dois primeiros casos é a recuperação e o tratamento da corrosão. Em todos os casos torna-se necessário identificar o sistema de PT instalado para a obtenção de um diagnóstico seguro. O Insti-

tuto de Patologias da Construção tem à disposição dos leitores o “Guia para avaliação de estruturas de concreto pós-tensionadas não aderidas”, e o “Manual de Procedimentos de Manutenção e Construção de Lajes Pós-Tensionadas” do Post-Tensioning Institute (EUA).



GLOSSÁRIO

Fluência – aumento da deformação no concreto, com o correr do tempo, quando submetido a carga constante. Deformação lenta dependente do tempo que ocorre sob tensão.

Relaxação – perda de tensão no aço submetido a deformação constante. É usado também para explicar a perda de protensão.

Corrosão sob tensão fraturamento – fissuramento no aço causado pela ação combinada da corrosão e de tensões de tração existentes.

Fissuramento devido ao ambiente – rompimento frágil do aço, cujo comportamento é, normalmente, dúctil. Este fenômeno é causado pelo efeito corrosivo do ambiente que cerca o aço: o concreto, o eletrólito presente nos poros, em função do ambiente que cerca a estrutura.

Ambiente – condições físicas, químicas e mecânicas que cercam o aço.

Caso avaliado

Para dar rumos e prumos ao entendimento dos dois primeiros casos citados acima, apresentamos o caso de duas lajes PT que compõem o primeiro pavimento (térreo) e o segundo pavimento (1ª garagem) de um shopping. Após a inspeção com equipamentos NDT específicos – RADAR, FERROSCAN e CPV-4 – além da abertura de “janelas” de inspeção, diagnosticou-se corrosão localizada e generalizada em cerca de 30% dos cabos PT da laje piso da segunda garagem, havendo inclusive cordoalhas com fios partidos, e apenas 10% dos cabos PT da laje do primeiro pavimento, em contato com o solo, sem ocorrência de fios partidos. Os cabos PT, na verdade monocordoalhas sem aderência, estavam embutidos em bainhas plásticas lisas. Após o mapeamento do processo corrosivo instalado, procedeu-se a abertura de algumas “janelas” de modo a confirmar o diagnóstico NDT. Uma vez confirmado, procedeu-se o distensionamento dos cabos comprometidos, sua substituição e o tratamento com proteção catódica, utilizando-se ZLP, junto às zonas de ancoragem.

fax consulta nº 21



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

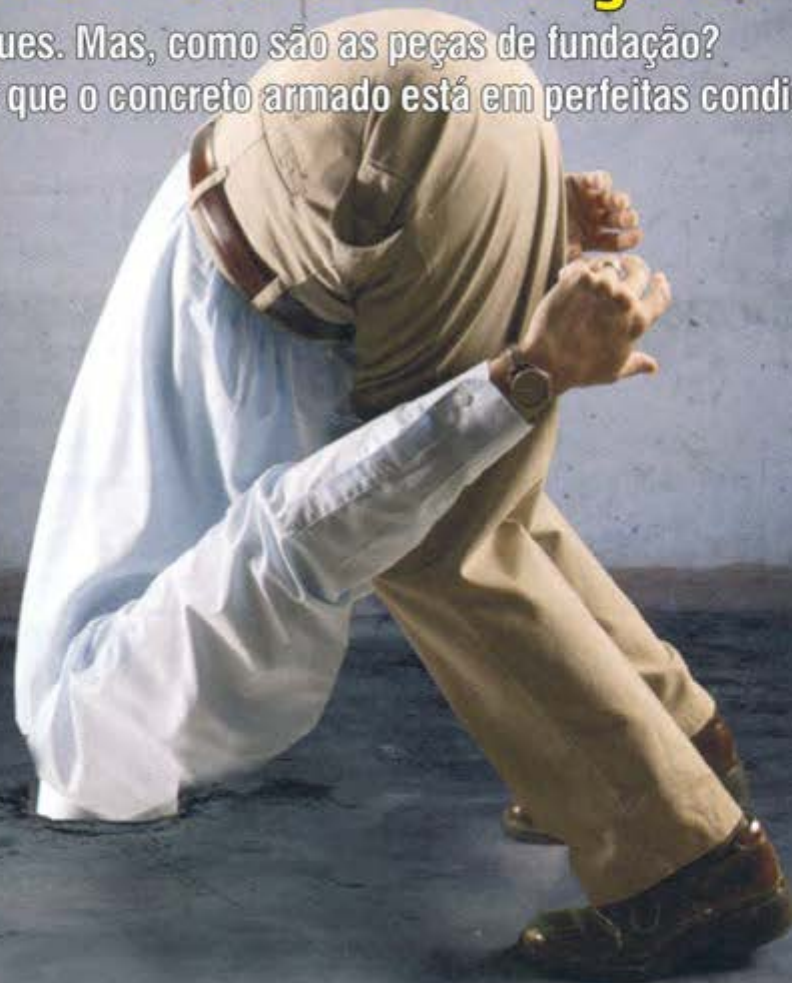
www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Paulo Afonso de Andrade é Engº Químico especialista em patologias da construção.
- “Design and Construction of Post-Tensioned Slabs or Ground”, Post Tensioning Institute.
- Specifications for Unbonded Single Strand Tendons, Post Tensioning Institute.

Como são ou estão as fundações da edificação?

OK, não há recalques. Mas, como são as peças de fundação? Onde estão? Será que o concreto armado está em perfeitas condições?



Como identificar elementos de fundação?

SOLOS



Jorge Luiz F. Almeida

Vinte ou trinta anos se passam e os problemas de recalque nos prédios aparecem. Obras na vizinhança, corrosão nas armaduras das estacas, blocos, cintas ou sapatas com fraturas e os sintomas aparecem no corpo do edifício. Além destas causas existe aquela bastante comum, hoje, onde busca-se a revitalização de antigos bairros ou prédios que, para tanto, há a necessidade de se localizar e investigar suas fundações, já que ocorrem carregamentos adicionais.

O estudo da adequabilidade da fundação, cercado de mistério, exige a utilização de métodos geofísicos que, por sua vez, necessitam de contrastes mensuráveis para análise das propriedades físicas dos materiais en-

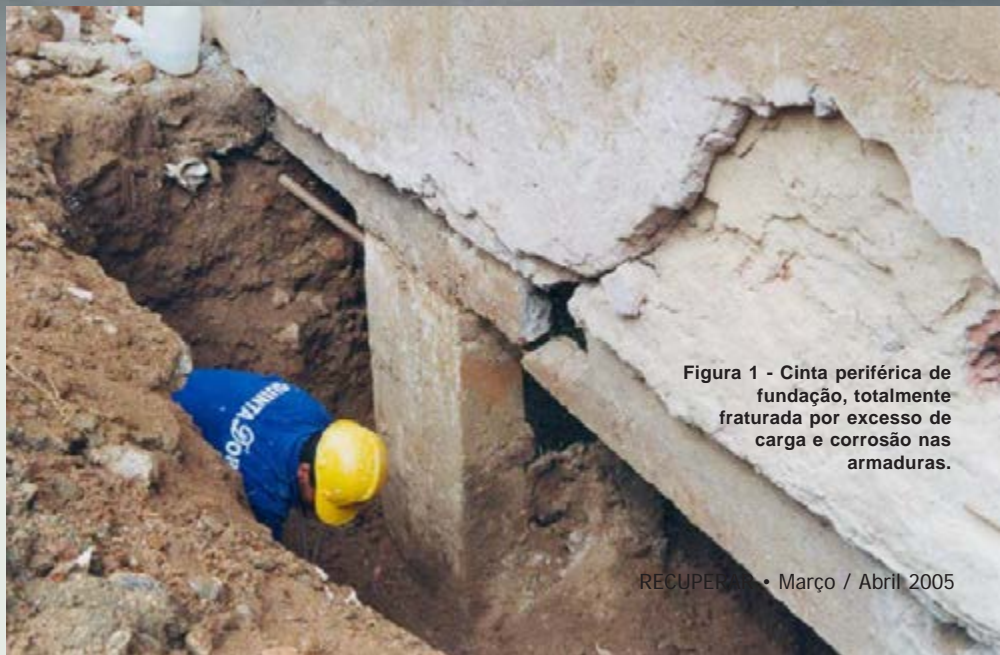


Figura 1 - Cinta periférica de fundação, totalmente fraturada por excesso de carga e corrosão nas armaduras.



SOLUÇÕES DIFERENCIADAS REPAIR PRODUCTS



**Principal
fornecedor de
soluções e
materiais do
repairbusiness.**

Região Sul

Paraná
Avelino Petrykowski
Fone: (41) 668-4034
engetintas@engetintas.com
Rio Grande do Sul
Cláudio Klein
Fone: (51) 3342-2597
siklein@cpovo.net
Santa Catarina
Pedro Curadi
Fone: (47) 323-8200
e-mail: durar@terra.com.br

Região Sudeste

Minas Gerais / Espírito Santo
Eduardo Micheletti
Fone: (31) 3426-4995
jeduardo@impervalle.com.br
Rio de Janeiro
Marcelo Iliescu
Fone: (21) 9165-5373
iliescu@iliescu.com.br
São Paulo
Flávio Caseres
Fone: (11) 3208-4234 / 3209-7944
flavio@uniontech.com.br

Região Centro-Oeste

Distrito Federal
Paulo Henrique
Fone: (61) 361-2400
ph@imperciabsb.com.br
Goiás/Tocantins
Richelieu Costa Miranda
Fone: (62) 210-2392
impercia@impercia.com.br

Região Norte

Amazonas
Frank Albert / Kassen Assi
Frank – (92) 9994-2034
Kassen – (92) 9981-9620
frankalbert@uol.com.br
Pará
Eduardo Leal / Henrique Mendonça
Eduardo – (91) 8119 4930
Henrique – (91) 8119 4931
e-mail: eduardo.leal@veloxmail.com.br
henrique.mendonca@veloxmail.com.br

Nordeste

Bahia
Sérgio Teixeira
Fone: (71) 362-6447
ctl-ssa@uol.com.br
Ceará
Francisco José Gomes
Fone: (85) 223-3337
tec.franze@uol.com.br
Maranhão
Edison Costa
Celular: (98) 9962-9635
limits@uol.com.br

Pernambuco
Ana Moura
Fone: (81) 3228-7500
ana_moura@br.inter.net
Piauí
Carlos Brayner
Fone: (86) 234-1767 / 232-5841
carlosbrayner@webone.com.br
Rio Grande do Norte
Fernando Cysneiros
Fone: (84) 221-6006
comercial@cysneengenharia.com.br

www.rogertec.com.br
e-mail: rogertec@infolink.com.br

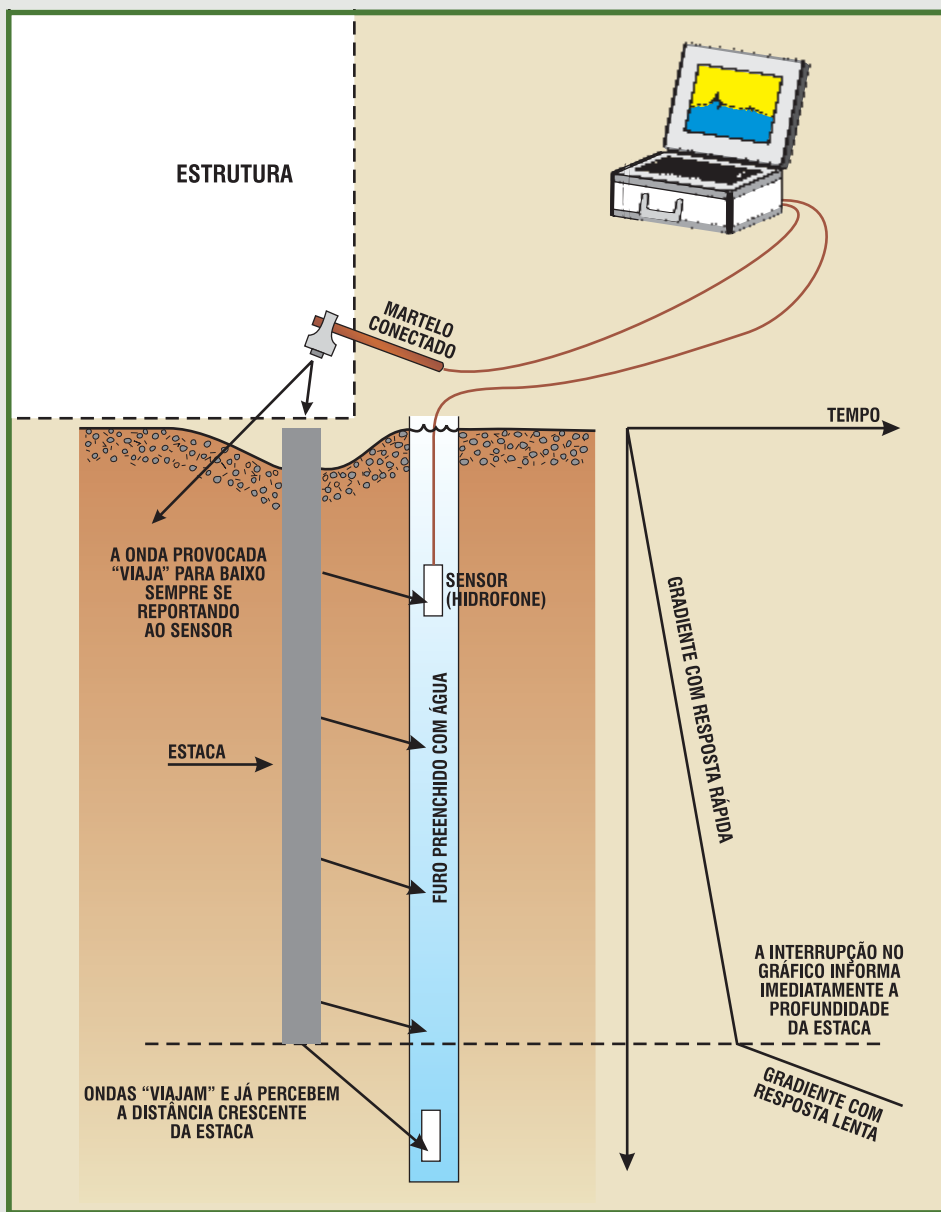


Figura 2 - Esquema com o método de investigação sísmica paralelo.

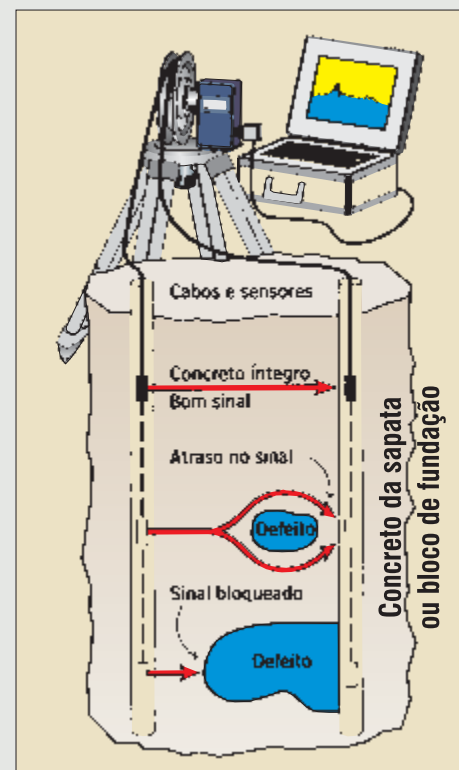


Figura 3 - A investigação do corpo de um bloco ou sapata, através de dois furos executados longitudinalmente.

volvidos na fundação do prédio. Quer dizer, entre os elementos de concreto que formam a fundação e o solo que o esconde.

Falar em geofísica significa falar em velocidade sísmica, densidade, resistividade elétrica e suscetibilidade magnética. Junte tudo isso e você terá boas informações. Haverá todo tipo de restrição, como níveis de ruídos por toda parte, salas, quartos, garagens, o próprio piso que faz contato com o solo, além de instalações elétricas, hidráulicas e esgotos.



Elementos de fundação, como sapatas, blocos e estacas ficam em contato com a água freática e o próprio solo, que podem ter características ácidas ou uma diversidade de contaminantes. Corrosão na certa, tanto nas armaduras quanto em cabos de protensão do concreto. TERRA ANODO G é proteção contra a corrosão na medida certa. TERRA ANODO G é proteção catódica específica para estruturas de concreto armado e protendido enterradas.

Instale e confira. Damos total assessoria técnica.



O TERRA-ANODO G é fornecido com diversas seções e comprimentos.

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

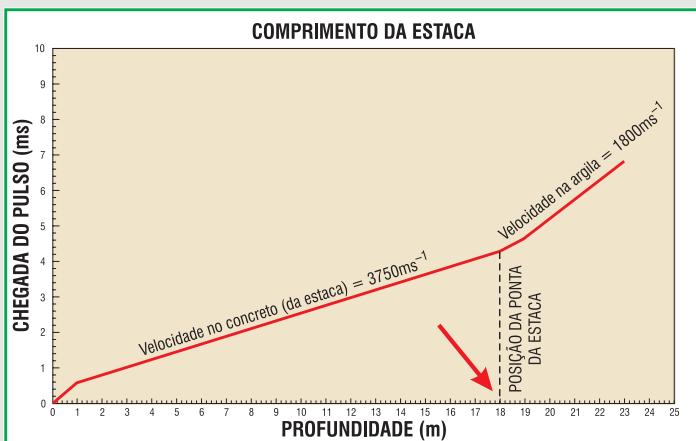


Figura 4 - Suposição (teórica) sobre o comprimento da estaca.

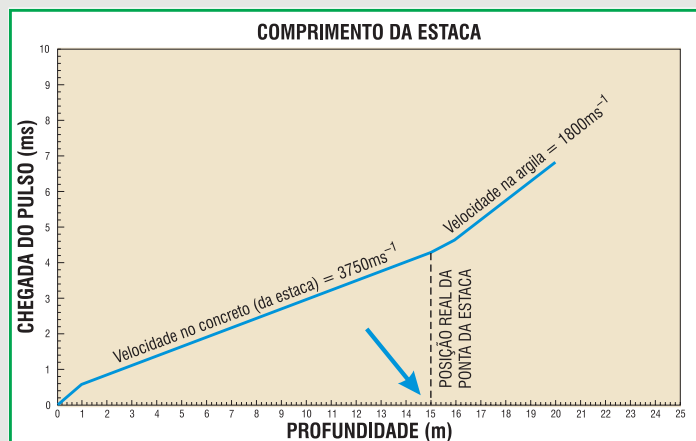


Figura 4 - Resultado da investigação, no campo, sobre a mesma estaca.

Mas como em serviços como estes, o que se conhece não é o que acontece ou o que acontece não é o que se conhece, vamos apresentar alguns casos de investigação para ilustrar o uso efetivo dos métodos geofísicos em busca das fundações perdidas.

Comprimento teórico da estaca versus verificação sísmica

Antigos pesquisadores juram que para investigar esta situação dever-se-á utilizar métodos sísmicos de resposta dinâmica. Sem dúvida, no entanto, com a presença de estruturas acima da sua cabeça, introduz-se efeitos dinâmicos complexos na resposta dos sinais do elemento de fundação.

A alternativa moderna para a investigação do elemento de fundação é o método sísmico paralelo (MSP). Esta técnica necessita que se

faça um furo junto ao que se supõe ser o elemento de fundação, cerca de 1m e a uma profundidade de 3 a 5m além do suposto comprimento. Assim, faz-se descer através do furo, devagar e em etapas, um sensor acústico, ao mesmo tempo em que promove-se, com um martelo especial, a formação de ondas de compressão elástica na estrutura acima. A avaliação do tempo de percurso do pulso ao longo da fundação, passando pela massa do solo, em cada uma das etapas em que o sensor pára, permite a investigação do seu comprimento e sua integridade (figura 2). O tempo de percurso do sinal da onda elástica, na parte superior da estrutura até o local onde encontra-se o sensor dentro do furo é governado pela velocidade com que a onda viaja através do composto concreto armado e a massa do solo entre a estaca e o furo. À medida que o sensor desce pelo furo, ocorre um aumento linear do tempo de percurso da onda.

As posições do sensor, ao longo do furo e além da ponta da estaca, induzirão uma mudança drástica na velocidade anteriormente analisada, resultando em uma descontinuidade na relação linear tempo de percurso da onda/profundidade. O gráfico teórico tempo/profundidade, da figura 4, nasce a partir de um determinado modelo matemático que utiliza, por exemplo, a velocidade de 3.750m/segundo para o concreto e 1.800m/segundo para argilas meio compactas. Assim, ao analisar-se uma estaca enterrada em argilas meio compactas, ter-se-á, seguramente, o gráfico da figura 5. Observe que a presença do aterro, de 0 a 1m, é indicado no gráfico devido ao estranho tempo de chegada do pulso. Após a profundidade de 1m observa-se a velocidade de 3.750m/segundo que corresponde à velocidade no concreto. A descontinuidade fica aparente, após 15m, com a redução da velocidade para 1.800m/segundo. A similari-

O uso do radar geotécnico GPR é muito útil em qualquer atividade que tenha como objetivo identificar elementos de fundação enterrados.





Figura 6 - Rompimento do “pescoço” do pilar enterrado, entre a cinta e a sapata. Os sintomas na estrutura superior prognosticavam tal problema. Causas: vazios no concreto (com pH baixo) e corrosão nas armaduras.

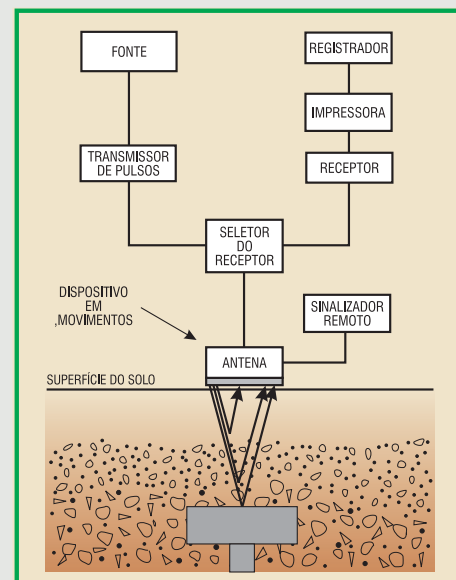


Figura 7 - Esquema ilustrando o princípio de operação do GPR.

Quais são os métodos geofísicos?

A pesquisa geofísica é barata se comparada às técnicas de sondagem. Não existe um sistema geofísico único que seja aplicado a todos os problemas. Os métodos geofísicos de pesquisa são:

• Radar geotécnico (GPR – Ground Penetrating Radar)

A palavra radar vem do inglês *radio detection and ranging* que significa detecção e telemetria pelo rádio. Um transmissor e um

GLOSSÁRIO

Telemetria – medida da distância obtida por procedimentos acústicos, óticos ou radioelétricos.

Sísmico – relativo a movimentos bruscos promovidos no solo, em determinadas profundidades.

Geofísica – estudo da estrutura física da crosta terrestre e de suas evoluções.

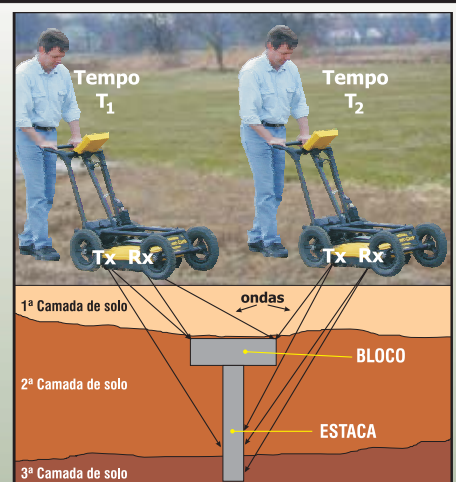
receptor usam sinais de microondas eletromagnéticas que refletem nos diversos tipos de solos ou em estruturas enterradas. Sua penetração nas areias varia de 10 a 20m. Nas argilas saturadas não passa de 3m.

• Instrumentos sísmicos

Utilizam ondas de choque produzidas por marteladas, explosões etc, sendo refletidas ou refratadas nas interfaces de diferentes materiais. Utiliza-se a reflexão sísmica, a refração sísmica, o cruzamento sísmico e a velocidade sísmica.

• Instrumentos magnéticos

Analizam as distorções no campo magnético da terra.



Deteção de elementos de fundação enterrados com GPR.

dade entre a teoria e a prática ilustra bem esta tecnologia diagnóstica.

Descobrimos as dimensões das sapatas com o radar

O uso do Radar envolve a propagação de impulsos de radiação eletromagnética de curta duração a partir de uma antena que se move lentamente nas proximidades do material que se quer analisar. As reflexões dos sinais transmitidos são produzidas a partir das características encontradas na subsuperfície onde, certamente, ocorrem mudanças na constante dielétrica. A confronta-

GLOSSÁRIO

Dielétrico – substância incapaz de conduzir, ou que conduz muito mal a corrente elétrica.

ção dos inúmeros pulsos transmitidos e recebidos ao longo de uma pesquisa pré-determinada é usada para produzir um perfil indicativo das mudanças nas propriedades elétricas dos materiais existentes no subsolo. A figura 7 ilustra o princípio geral da operação.

Fundações em concreto armado/protendido, como sapatas, cintas periféricas, vigas de equilíbrio e blocos de fundação possuem propriedades elétricas totalmente diferentes da diversidade de solos que as envolve. Desta forma, fica fácil para o radar distinguir as interfaces reflectivas existentes, delineando-se perfeitamente as dimensões das peças enterradas. Assim, por exemplo, quando se deseja, numa edificação antiga, aumentar mais um pavimento ou mesmo checar-se, rapidamente, a situação das

fundações diante de sintomas de fraturas na edificação, promover-se-á com o radar, uma varredura em torno dos pilares. O resultado imediato é a informação na forma gráfica do radar.

fax consulta nº 33



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Jorge Luiz F. Almeida é professor e engenheiro de fundações.