

Graut Químico de Microcimento

Impermeabilidade e consolidação sem problemas.

Joaquim Rodrigues



A técnica de consolidar e impermeabilizar solos e rochas empregando caldas de cimento portland ficou ainda mais para trás com o advento do microcimento. Como explicamos nas edições da RECUPERAR nº 16, 19 e 23, a técnica de grauteamento químico com polímeros extremamente fluidos, algo em torno de uma a trinta vezes a viscosidade da água, com extraordinário poder aglomerante e hidrorreativo, já tinham alterado completamente a forma de resolver problemas em solos, rochas, no reforço de fundações e em estruturas de um modo geral.

Como ficou caracterizado, estes grauts químicos modificam substancialmente as características originais do ambiente tratado em função de sua extraordinária permeabilidade e facilidade de bombeio. Afirmamos também que uma das grandes vantagens do grauteamento químico em relação às técnicas de injeção com as tradicionais caldas de cimento portland, em especial o jet grouting (jato de alta pressão de calda de cimento que escava, rompendo e se misturando ao solo) estava no equipamento. Enquanto o primeiro necessita apenas de uma pequena perfuratriz e uma bomba airless do tamanho de uma simples hidrojateadora, permitindo o trabalho, tanto dentro de pequenas galerias como em túneis ou minas, o segundo tem no equipamento o seu maior entrave, já que é grande e caro, havendo grandes limitações para se trabalhar em obras subterrâneas.

O Graut Químico de Micro Cimento

Pois bem, agora surgiu no mercado internacional o graut químico de micro cimento, o



Viscosidade em torno de 10cps (apenas 10 vezes a da água) e grandes resistências. O resultado é a ótima penetrabilidade em solos finos e em fissuras, tanto de rochas quanto de estruturas de concreto.



Este graut químico é fornecido com três componentes: o pó, o dispersante e o catalizador.



Um simples tubo galvanizado de 3/4" ou um schedule 80, com uma proteção na ponta e furos laterais é suficiente para se promover o reforço de uma fundação, injetando-se MICROCIM.

MICROCIM, capaz de abolir de vez todo e qualquer serviço com as caldas de cimento portland tradicionais, no que tange à permeabilidade, já que é possível realizar o grauteamento com este material em ambientes considerados difíceis de injetar, usando-se pequenas bombas e pressões da ordem de 0,1 a 0,2MPa. O uso de pressões maiores, no caso de consolidação de fundações, por exemplo, poderá incorrer na possibilidade da "perda" do material para fora da área desejada. O MICRO-CIM, uma vez preparado, apresenta uma viscosidade espantosamente baixa. Algo em

torno de 10 vezes a da água, apenas, contra cerca de três mil (por baixo) das tradicionais caldas de cimento portland.

Com o advento do microcimento promove-se a realização de um fácil grauteamento em todos os solos não coesivos e em muitos solos coesivos, além de rochas com permeabilidade bem inferior a 1Lu. Este cimento tem superfície específica superior a 17.000cm²/g, tendo um tamanho máximo de grão igual a 10µm e, pelo menos, 50% dos grãos inferiores a 3µm.

O uso deste graut químico é recomendado para consolidação de rochas onde há juntas e diáclases extremamente finas, estabilização e impermeabilização de solos e para consolidação de fundações e túneis, além de barragens. Este graut também é utilizado para preencher pequenos vazios causados pelos efeitos da retração nas emendas entre estruturas metálicas e concreto, entre a capa de concreto armado e a rocha, em túneis e na reinjeção após os tradicionais serviços de injeção com cimento portland comum. Há notáveis trabalhos executados com MICROCIM em solos com D10 entre 0,01 e 0,06.

Como regra geral, em serviços de grauteamento, para se viabilizar a penetração do material em fissuras ou micro-fraturas é necessário que a máxima dimensão da partícula do graut não seja maior do que um terço da abertura a ser penetrada.

Características do MICROCIM

O MICROCIM é fornecido em três componentes: o pó, o dispersante e o catalizador.

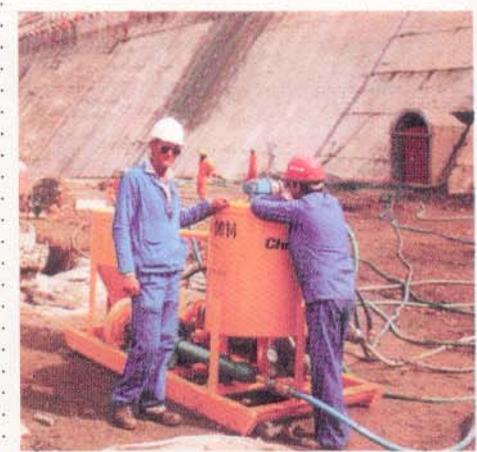
continua na página 8



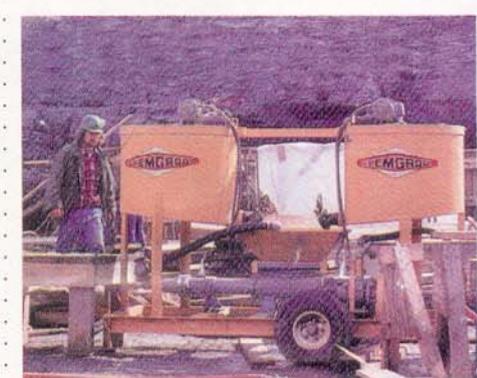
Reforço da estrutura do teto de uma mina.



Estabilização do terreno sob a pista de um aeroporto.



Grauteamento na parede de jusante de uma barragem.



Aplicação em rocha em uma usina nuclear.



A cravação do tubo poderá ser feita através de um rompedor pneumático com ponta adaptada.

PROPRIEDADES DO MICROCIM

MICROCIM

MICROCIM
no saco

Propriedade	Condições	Resultados
Cor	Visual	Cinza cimento
Tamanho da partícula	Sedigraph 5100	90% < 5µm, média 2,0µm
Superfície específica	ASTM C-204 (finura blaine)	17.100cm ² /g
Peso específico	ASTM C-188	2,63g/cm ³
Relação peso seco/Volume saturado	-	1,01kg/litro

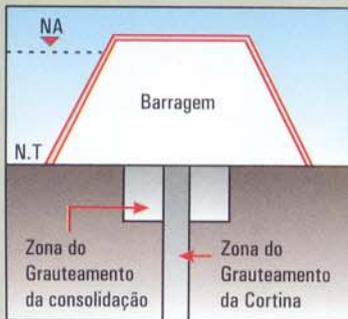
MICROCIM
preparado

Relação água/MICROCIM	-	0,6/1 por peso do graut seco
Peso específico	API RP 13B-1	1,64g/CC
Viscosidade inicial	API RP 13B-1 cone marsh	60 segundos
Período de trabalhabilidade	-	3,8 horas
Retração	ASTM C-490, C596	- 0,109%
Exsudação	ASTM C-940	0%
Calor de hidratação	Câmara adiabática	32°C
Permeabilidade	Equipamento padrão	1 x 10E ⁻²¹ m ²
Resistência a sulfatos	Cimento resistente a sulfatos tipo V	Resistente a sulfatos

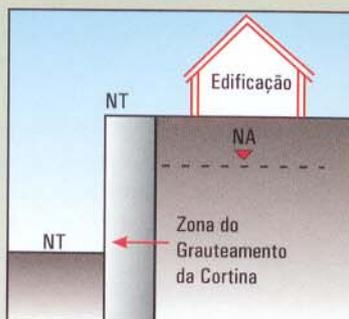
Temperatura de cura	Solução com catalizador		Graut MICROCIM (200L)				Tempo de formação do gel min-seg	Resistência à compressão do graut endurecido (MPa)			
	Catalizador (L)	Água (L)	Relação água:MICROCIM	MICROCIM (kg)	Água (kg)	Dispersante (kg)		1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
20°C	150	50	2:1	86	172	0,86	2-28	1,81	3,15	5,13	6,72
			3:1	60	180	0,60	4-15	0,76	0,98	1,07	1,25
			4:1	46	184	0,46	6-15	0,49	0,66	0,71	0,73

SUGESTÕES DE APLICAÇÃO

Em Cortinas Impermeáveis



Estabilização de Taludes

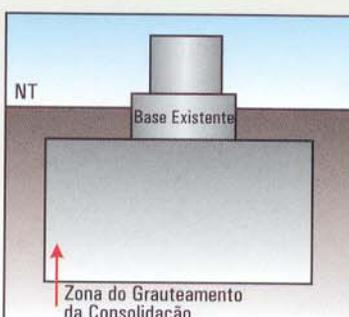


• N.T: Nível do Terreno N.A: Nível d'água

Impedindo Infiltrações



Reforçando Fundações



EPÓXIS

para serviços subaquáticos?

Recupere estruturas subaquáticas de concreto ou aço com o novíssimo EPÓXI SUB-RG.

Fácilimo de aplicar. Promove ótima aderência, mesmo em condições difíceis.



Fax consulta n° 251

O Portland Tradicional

A operação final da fabricação do cimento portland exige a redução do clínquer a pó, de modo a aumentar a superfície específica do material. Ocorre que a hidratação dos grãos de cimento, em contato com a água, se faz da superfície para o interior. Deste modo o grau de moagem influencia na rapidez da hidratação. Se é certo que a área total das partículas de cimento representa o material utilizável para a sua hidratação, não se poderá esquecer que a velocidade de hidratação dependerá da dimensão das partículas. Sabemos também que a finura da moagem e a distribuição do tamanho do grão é fundamental para a performance de determinados trabalhos, já que é responsável pela fluidez do material e por suas propriedades de sedimentação, afetando também a resistência após o endurecimento. Partindo do princípio de que é esta área total das partículas do cimento que representa o material utilizável para a hidratação, facilmente se compreende que interessará conhecer a área total das partículas por unidade de peso de cimento, a chamada superfície específica, expressa em cm^2/grama .

É perfeitamente demonstrado que as partículas de cimento com diâmetro situado entre 0 e 7μ são as que mais contribuem para a trabalhabilidade e a retenção d'água, e as com diâmetro entre 7 e 22μ as que mais contribuem para a tensão de ruptura. Todos os cimentos com uma superfície específica em torno dos $3000\text{cm}^2/\text{g}$ são passíveis de apresentarem problemas de permeabilidade, mesmo nos serviços de injeção de zonas permeáveis. O grau de preenchimento dos poros e a quantidade d'água da suspensão (água + cimento), no início do endurecimento, determinam a qualidade e a durabilidade da zona a ser grauteada.

Genericamente nossos cimentos apresentam valores de superfície específica em torno dos $3000\text{cm}^2/\text{g}$, com tamanho máximo de grão igual a $100\mu\text{m}$ e, pelo menos, 90% dos grãos menores do que $50\mu\text{m}$. Como regra geral, apenas areias grossas e rochas com permeabilidade correspondente a mais do que 1Lu são grauteáveis com o uso deste tipo de cimento.

O agente dispersante visa dar a menor viscosidade possível (em torno dos 10cps), enquanto que o catalizador diminui o tempo de formação do gel.

Onde aplicar o MICROCIM

Estabilização de solos e rochas
Impermeabilização e reforço de barragens, minas e túneis
Reforço de fundações
Cortinas impermeabilizantes contra contaminações
Revestimentos impermeáveis (projeção mecânica)
Estocagem secundária subterrânea de lixo nuclear e substâncias tóxicas

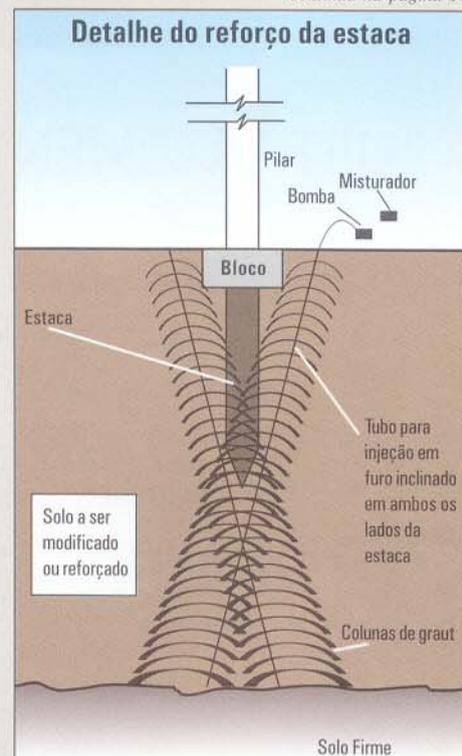
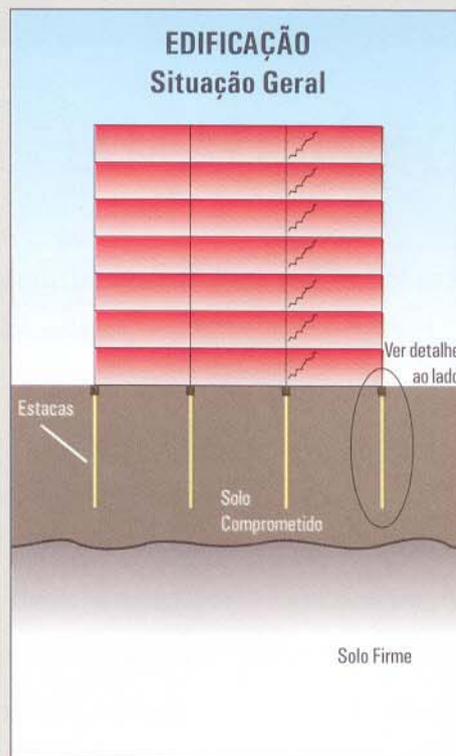
Aplicação em reforço de fundações

Uma edificação com fundação em estacas apresenta recalques diferenciais. Após a realização de sondagens e a retirada de amostras do

solo, proceder-se-á a sua análise, padronizando-se a sua curva e conhecendo-se, principalmente, o teor de vazios do material. Veja o box "Análises necessárias antes do grauteamento químico". Uma vez identificadas as diversas camadas de solo, proceder-se-á a aplicação do MICROCIM atentando-se para o tempo de formação do gel, a viscosidade e a resistência desejada.

A injeção é feita de baixo para cima, de forma ininterrupta, utilizando-se, normalmente, pressões não superiores a 0,2MPa, formando colunas a partir do solo firme. Esta técnica pode ser considerada como um grauteamento de permeabilidade. O MICROCIM é composto de pó (cimento), do dispersante e do catalizador, que deverá ser aplicado de acordo com a necessidade. Como dissemos anteriormente, pressões maiores do que 0,2MPa poderão fazer o grout "escapar" da zona a ser reforçada (bulbo de pressão). Logo, o uso das

continua na página 10



ANTES VOCÊ PRECISAVA CONTRATAR UMA EMPRESA PARA FAZER GRAUTEAMENTO OU REFORÇO DE FUNDAÇÕES. NÃO PRECISA MAIS.

**PERFURATRIZ
MACH 920**

Com esta revolucionária perfuratriz e uma pequena bomba airless você faz todo tipo de grauteamento químico. Veja as vantagens:

- Simples e fácil de operar.
- Furos até 100 metros em solo, rocha ou concreto.
- Faz perfurações oblíquas e horizontais.
- Basta uma pequena pick-up para transportá-la.
- O motor pode ser a diesel ou elétrico.
- Entra em qualquer obra, inclusive pequenas galerias de minas.

Fax consulta nº 278



ROCHAS

Análise do local

Rocha	Nível Freático
Grau de desgaste	Níveis de flutuação Velocidade da direção do fluxo
Extratificação • Seqüência de camadas • Inclinação	
Sistema de descontinuidades • Aprofundada e inclinada • Abertura da junta • Espaçamento da junta • Preenchimento da junta • Pressões existentes nas trincas • Vazios	Ingredientes químicos
Potencial de absorção • Água • Graut químico	
Composição mineralógica	Temperatura
	Pressão artesianiana



O conhecimento da inclinação das juntas é fundamental. Aqui, juntas verticais e horizontais.

Para o caso de rochas com grande quantidade de juntas, fraturas ou falhas deve-se diminuir as seções de teste. Registrar-se-á a quantidade de água absorvida em uma unidade de tempo, juntamente com a pressão. A absorção de um litro d'água por minuto em um metro do furo, a uma pressão de 1MPa corresponde a 1 Lugeon (1Lu). Eventualmente, a pressão poderá ser aumentada além de 1MPa, tomando-se o cuidado para não se chegar à pressão de fraturamento da rocha, caracterizado pela repentina mudança na vazão d'água. O ideal é trabalhar-se de forma ascendente ou descendente com a seguinte estratégia:

0 - 0,2 - 0,5 - 0,8 - 1,0 - 0,8 - 0,5 - 0,2 - 0 MPa

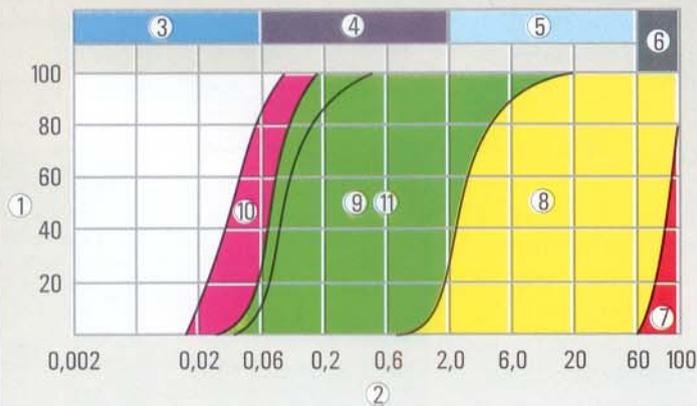
Esta estratégia permite detectar mudanças nas condições da rocha, durante o teste.

Para o caso de rochas, o teste de pressão d'água (TPD) é o mais adequado para se avaliar a necessidade ou a otimização do grauteamento químico. Este teste foi concebido por Lugeon, em 1933. Para tanto, utiliza-se um tubo com obturador, dividindo-se o furo em seções de teste de aproximadamente 5 metros. É bastante prático aplicar o TPD à medida que se vai furando a rocha.



Aqui, juntas inclinadas.

SOLOS



Campo de aplicação dos grauts químicos.

- 1 - Diâmetro da partícula que passa na respectiva peneira (% em peso)
- 2 - Diâmetro do grão (mm)
- 3 - Silte
- 4 - Areia
- 5 - Cascalho
- 6 - Seixos
- 7 - Argamassa
- 8 - Cimento comum
- 9 - Grauts de silícicos
- 10 - Grauts de resinas
- 11 - Graut de micro cimento

O grauteamento em solos depende substancialmente da distribuição do tamanho do grão. Dever-se-á considerar que o solo normalmente é caracterizado por uma extratificação, isto é, apresenta diferentes camadas, havendo portanto a possibilidade de trabalhar cada uma com diferentes grauts químicos, de maneira a se proceder um melhor preenchimento. Após a determinação da distribuição dos tamanhos de grãos de cada camada (curva granulométrica), dever-se-á compará-las com as curvas da figura ao lado. Como foi explicado na RECUPERAR nº 23, dever-se-á calcular (ou estimar de forma adequada) o índice de vazios e a densidade de cada material.



É importante conhecer as camadas do solo.

Análise do local

Solo	Nível Freático
Distribuição do tamanho do grão	Níveis de flutuação Velocidade da direção do fluxo
Extratificação Seqüência das camadas	
Volume de poros	Ingredientes químicos
Densidade	
Pressões existentes nas trincas	Temperatura
Permeabilidade	
Composição mineralógica	Pressão artesianiana

RESUMO DE ALGUMAS APLICADAS

OBRA	TÚNEL SUBMARINO SEIKAN	BARRAGEM DE KANNA	PONTE KITAUURA															
Localização	Cidade de Matsumac Japão	Cidade de Okinawa Japão	Cidade de Ibaragi Japão															
Dimensão	Comprimento do túnel 54km (parte submarina 24km)	Concreto gravidade e enrocamento Altura da barragem: 49m Comprimento da crista: 1.213m Volume da barragem: 1.100.000m ³	88m															
Propósito da aplicação	Impermeabilizar grandes infiltrações com pressões de até 24kg/cm ² e consolidar o solo sob o túnel	Grauteamento para formação de cortina Grauteamento para consolidação	Reforço de fundações sob pilares															
Geologia	Arenito (grãos entre 0,06 - 2mm) Siltitos (grãos menores que 0,06mm) Cinzas vulcânicas com grãos do tamanho de areias	Areia e siltes	Areia super fina siltosa															
Graut Químico	MICROCIM	MICROCIM	MICROCIM															
Método	Grauteamento com obturadores a cada 1,5m	Grauteamento com obturadores a cada 1,5m	Grauteamento padrão (também chamado de gravidade)															
Dosagem	A) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Relação água/MICROCIM 1:1; 2:1; 3:1} \\ \text{Dispersante 1\%} \end{array} \right.$ B) Solução com 75% de acelerador relação de volumes A:B=1:1 tempo de formação do gel 1 \approx 5min resistência à compressão 1,3 \approx 9,5MPa	Relação água/MICROCIM = 4:1; 6:1 Dispersante 2% Acelerador 0%	A) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Relação água/MICROCIM 4:1} \\ \text{Dispersante 2\%} \end{array} \right.$ B) Solução com 30% de acelerador relação de volumes A:B=1:1 tempo de formação do gel: 24 horas															
Pressão de injeção	Máxima de 90kgf/cm ²	Entre 3 e 10kgf/cm ²	Próxima 90kgf/cm ²															
Resultado	As infiltrações foram interrompidas e o solo e a rocha foram consolidadas Antes do grauteamento químico: $k = 1 @ 77 \times 10^{-7}$ cm/s Após o grauteamento químico: $k = 0 @ 11 \times 10^{-7}$ cm/s	Lugeon < 2	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Antes do Grauteamento</th> <th style="text-align: center;">Após o Grauteamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">k</td> <td style="text-align: center;">5×10^{-7}</td> <td style="text-align: center;">3×10^{-7}</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">relação de vazios</td> <td style="text-align: center;">0,981</td> <td style="text-align: center;">0,711</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">densidade saturada</td> <td style="text-align: center;">1,800</td> <td style="text-align: center;">2,111</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">resistência à compressão</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0,41MPa</td> </tr> </tbody> </table>		Antes do Grauteamento	Após o Grauteamento	k	5×10^{-7}	3×10^{-7}	relação de vazios	0,981	0,711	densidade saturada	1,800	2,111	resistência à compressão	-	0,41MPa
	Antes do Grauteamento	Após o Grauteamento																
k	5×10^{-7}	3×10^{-7}																
relação de vazios	0,981	0,711																
densidade saturada	1,800	2,111																
resistência à compressão	-	0,41MPa																

BENEFÍCIOS

- ↑ Relação água/cimento muito baixa.
- ↑ Pequena ou nenhuma exsudação.
- ↑ Duas horas em condições de injetabilidade, sem formação de aglomeração.
- ↑ Estabilidade de volume com menos de 1% de retração.
- ↑ Rápido desenvolvimento de resistência e penetrabilidade em solos e rochas, antes considerados difíceis ou impermeáveis.
- ↑ Baixa alcalinidade.
- ↑ Condutividade hidráulica reduzida.
- ↑ Material mais estável - excelente durabilidade.
- ↑ Melhoria substancial da resistência contra ataques químicos devido à sua baixa alcalinidade.
- ↑ Aumento extraordinário da resistência à formação de trincas térmicas - baixo calor de hidratação.
- ↑ Líquido com baixíssima coesão interna significando melhor penetração e menos custos de furação.

tradicionais bombas de pistão é desaconselhado em determinados serviços. O objetivo é modificar o solo abaixo e em torno da estaca.

Aplicação em Consolidação de Rochas

Durante os serviços de corte de rochas em obras subterrâneas, principalmente em túneis, é comum acontecer o que se denomina zona de alteração da rocha (ZAR) no em torno da escavação. Desta forma, ao longo de toda a obra, estabelece-se um grande rastro de problemas que vão desde a instabilidade das áreas adjacentes à escavação, até as inconvenientes infiltrações. O tradicional tratamento tópico com projeção de impermeabilizantes cristalizantes sobre a camada de concreto projetado dificilmente dá ao construtor a resposta desejada. Como conseqüência, é comum vermos a ruína da camada protetora de concreto projetado, causando sérios danos à obra e até acidentes.

Desta forma, com o advento do MICRO-CIM, poder-se-á promover, por exemplo, o grauteamento após a execução da camada de concreto projetado, estabelecendo-se, desta forma, a estabilidade da ZAR ao mes-

mo tempo em que impermeabiliza-se toda a região adjacente. Esta sugestão é preferível já que há a facilidade de apenas furar-se a capa de concreto, instalando-se aí os injetores. Fax consulta nº 333.

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é Eng^o Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- DIM 4093 - Graund treatment by grouting: planning, grouting procedure and testing.
- US Army Corps of Engineers - Grouting in Geotechnical Engineering.
- Raffle, J.F./Greenwood, DA - The relation between the Rheological characteristics of grouts and their capacity to permeate soils.

Técnicas e produtos
de recuperação do
mundo inteiro você
encontra aqui

Assine
RECUPERAR
(021) 493-4702

CORROSÃO GALVÂNICA

Um Prejuízo Que Poucos Evitam

O crescente uso de metais diferentes na construção obriga-nos a saber mais sobre corrosão galvânica.

Carlos Carvalho Rocha



Poucos projetistas de estruturas além da maioria dos engenheiros tocadores de obra conhecem-na. Trata-se de um fenômeno que, simplesmente, pode liquidar uma estrutura metálica com poucos anos de serviço. Na corrosão galvânica, que também pode ser chamada de bimetálica ou dissimilar metálica, o contato direto entre dois metais pode acelerar a corrosão de um deles. Nas estruturas metálicas, sejam edificações ou obras de arte, têm ao serem construídas no ambiente muito úmido e no calor, fatores extremamente perniciosos à existência dessas construções.

A corrosão galvânica ocorre devido a diferenças no potencial elétrico entre metais diversos surgindo, nesta situação, uma corrente elétrica que fluirá através de um eletrólito, uma solução química em água, interligando-os. Este eletrólito poderá ser a própria água potável que consumimos, já que contém sais em quantidade suficiente para causar um bocado de problemas sob certas condições. Desta forma, um metal (o catodo) é protegido com o sacrifício do outro (o anodo) que corrói de forma acelerada.

Causas da Corrosão Galvânica

Apresentamos, a seguir, quatro causas exemplares que nortearão a existência da corrosão galvânica, estabelecendo-se as causas para o aumento da velocidade de penetração e propagação.

O Potencial Elétrico

Quando dois metais diferentes são mergulhados em um mesmo eletrólito, apresentam



Figura 1 - Uma perfeita combinação de metais diferentes: abraçadeiras de aço inoxidável prendendo um letreiro de aço galvanizado em uma parada de ônibus. O poste é de aço doce.

Figura 2 - Corrosão localizada e acelerada em um apoio metálico formado de liga de cobre sob uma longarina metálica de uma ponte. O problema seria bem pior se esta região fosse mais exposta ao tempo ou mesmo continuamente molhada.



uma diferença de potencial (volts) entre ambas. Significa dizer que quando dois metais são conectados eletricamente em uma mesma solução, surge uma corrente elétrica entre eles, causando corrosão no metal mais ativo, a uma velocidade que será proporcional à quantidade daquela corrente. Assim, quanto mais passivo o metal, denominado catodo, mais corrosão haverá no metal ativo, denominado anodo. Quanto maior a diferença de potencial (DDP) entre os metais, maior a tendência de corrosão. De acordo com a tabela eletroquímica apresentada abaixo, poder-se-á arranjar dois metais diferentes, de modo a minimizar os graus de reatividade entre eles.

Série Galvânica

Aço inox austenítico

Ligas de ferro-cromo-níquel

Níquel

Cobre

Bronze fosfatado

Aço inox ferrítico

Bronze alumínio

Cromo

Ferro fundido e aço doce

Ligas de alumínio

Zinco

Magnésio

Os metais posicionados nas regiões superiores da tabela têm maior tendência a corroer que os posicionados mais abaixo.

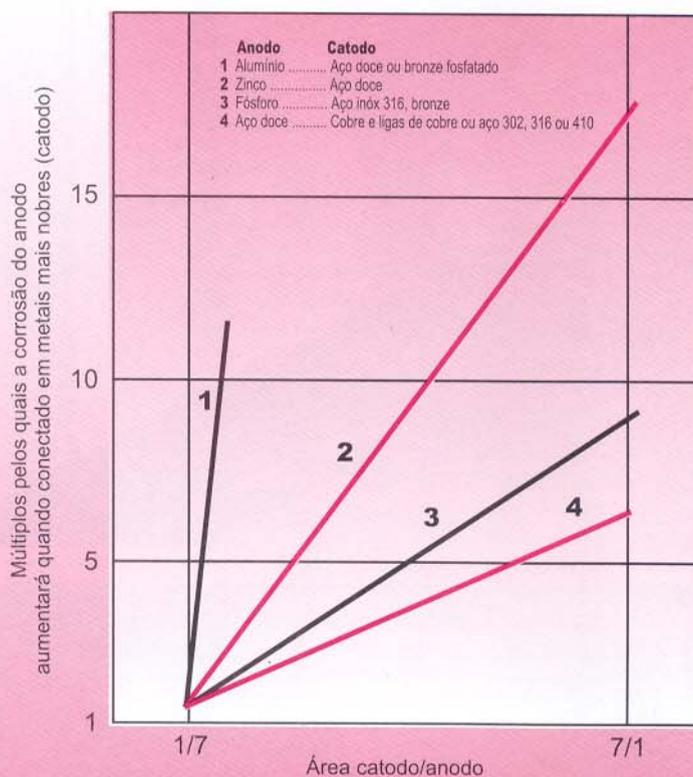
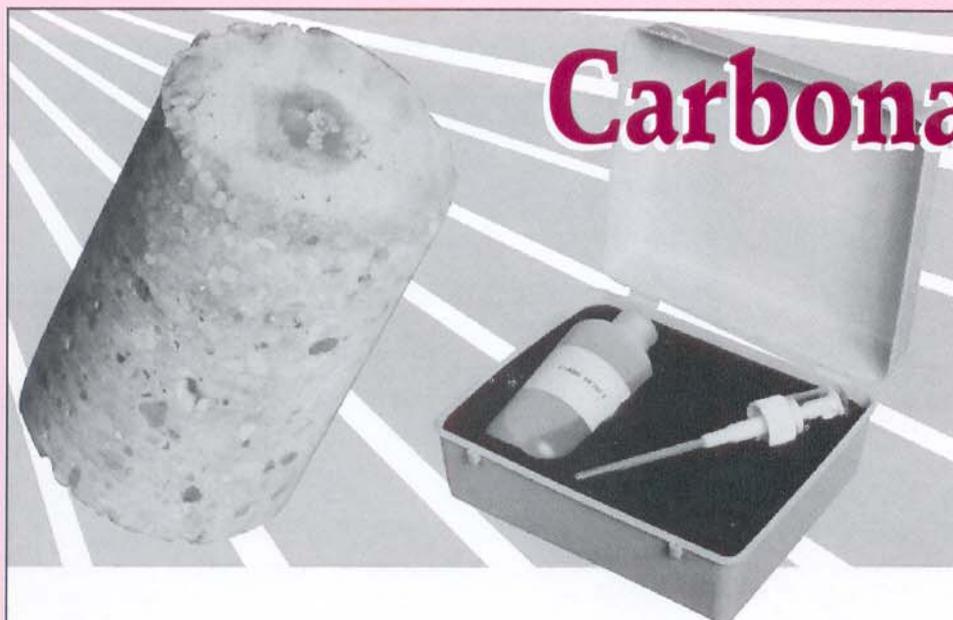


Figura 3 - Metais comuns com corrosão acelerada motivada por diferentes áreas catodo/anodo.

O Ambiente

A natureza do ambiente que circunda a estrutura tem influência crucial no desenvolvimento da velocidade de corrosão galvânica. O uso de metais diferentes dentro de edificações, portanto longe da ação do tempo ou mesmo das variações de umidade do ambiente poderão ser utilizados com alguma

restrição. Estas mesmas combinações metálicas submetidas à ação do tempo ou em ambiente marítimo, serão catastróficas. Por exemplo, uma grande peça em aço inox, presa por abraçadeiras de aço doce galvanizadas imersa em água do mar, certamente será motivo de séria corrosão em seu sistema de fixação. Ao contrário, em um ambiente sem contaminação aparente o aço inox



Carbonatação

O Carbo Detect já vem pronto para ser usado. É só aplicar nas regiões a serem analisadas e pronto. Em poucos segundos você terá a resposta para a existência ou não de carbonatação em sua estrutura.

Fax consulta nº 320

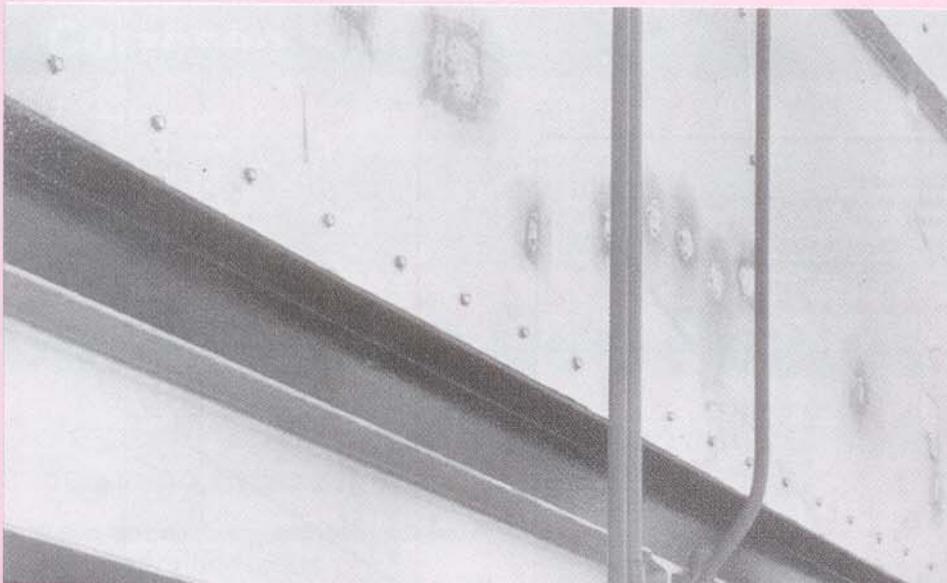
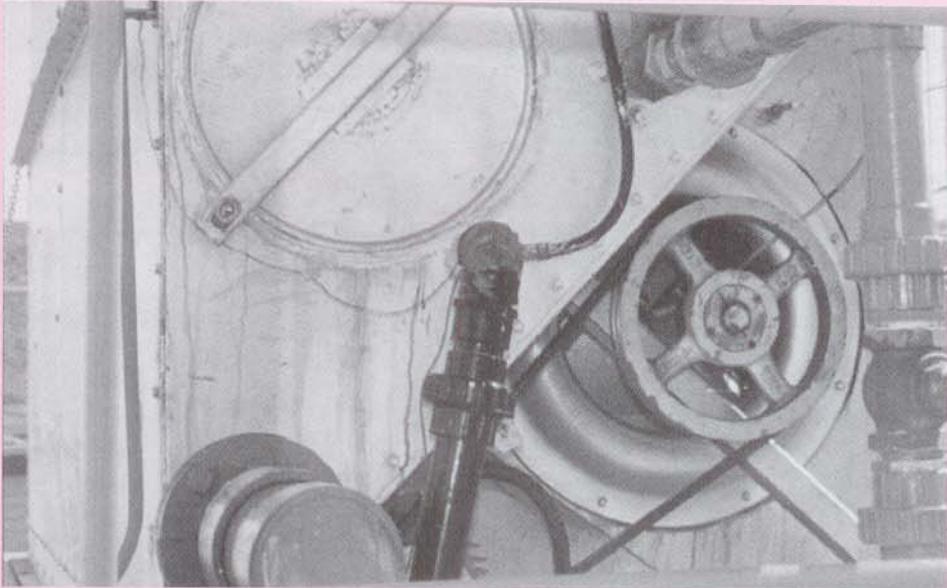


Figura 4 - Em uma torre de refrigeração, o revestimento epóxico foi perfurado após 18 meses de aplicado...



...devido aos contatos elétricos com os fios elétricos de alimentação. Note que foram feitos reparos na pintura (acima) e os grandes tubos de cobre (abaixo).

· não terá qualquer influência na performance
· das peças galvanizadas. Caso o poste da
· figura 2 fosse galvanizado, inclusive tendo
· a mesma espessura de zinco, sua
· performance seria, com certeza, bem mais
· inferior que aquela. O aço inox é, por natu-
· reza, mais resistente à corrosão que o aço
· galvanizado (isto fica evidente na tabela 1).

A Proximidade do Anodo Com o Catodo

· Processos mais severos de corrosão
· galvânica ocorrem próximo do contato
· anodo/catodo, pelo fato deste processo ser
· eletroquímico, o que significa dizer que o
· fluxo da corrente elétrica será caracterizado
· pelo comportamento da condutividade do
· eletrólito. Logo, quanto mais dificuldade ti-
· ver a corrente para circular, mais resistência
· haverá, resultando isto em menos corrosão
· na região crítica do contato. Em outras pala-
· vras, a corrosão será mais atuante ou difun-
· dida onde a condutividade elétrica do
· eletrólito for maior. Pode se afirmar que a
· água do mar oferece uma condutividade bem
· maior do que a água potável.

A Relação Catodo/Anodo

· A relação entre a área do metal catódico e a
· do metal anódico é um fator bem crítico na
· corrosão galvânica. Como mostramos na fi-
· gura 3, a taxa de corrosão será tanto maior
· quanto for a diferença, na série galvânica,
· entre os metais em contato e a relação entre
· as suas áreas. Um exemplo característico e
· muito comum é o uso de "braços" ou "per-
· nas" em aço inoxidável para dar estabilida-



strip seal

Injetar sem vazar

Strip Seal é a vedação ideal para qualquer tipo de injeção, particularmente as de epóxi. Não perca mais tempo para poder injetar. Esta borracha cura em 1 hora, veda a trinca contra a perda de material. Agüenta pressões superiores a 20kg/cm². Após a injeção é perfeitamente removível, não afetando a superfície. É ideal para o tratamento de juntas com injeção de poliuretano expansivo hidroativado.

Fax consulta n° 258

de em tanques de aço de indústrias. O aço (doce) das paredes do reservatório ao lado começou a ter pontos localizados de corrosão devido à combinação destas regiões, mal protegidas pela pintura (anodo) e a "grande área" do "braço", em aço inox (catodo).

Um outro exemplo está em um complexo tanque de água ligeiramente clorada e morna, pintado com um epóxi de alta espessura em razão de seus 75% de sólidos. As fixações, em aço inox (catodos), do tanque aceleraram a corrosão do aço doce (anodo) exatamente nos pontos onde a pintura epóxica falhou em razão da evaporação dos 25% de solvente (figura 6).

Soluções

Existem inúmeros caminhos para reduzir ou eliminar a corrosão galvânica. Naturalmente, cada caso tem uma solução específica. Apresentamos, abaixo, algumas soluções interessantes.

Seleção dos Metais

A proximidade entre os metais, na série eletroquímica, dará pouca diferença de potenciais (volts) elétricos e, portanto, pouca reatividade. Por exemplo, aço doce e ferro fundido, materiais bastante utilizados na construção civil e mecânica, podem ser usados ou aplicados juntos sem maiores problemas. Contudo, em ambientes molhados, a fixação de outros metais, com menores áreas, poderá dar problema. A utilização de fixações, travamentos ou pequenos apoios com metais mais ativos (por exemplo zinco,

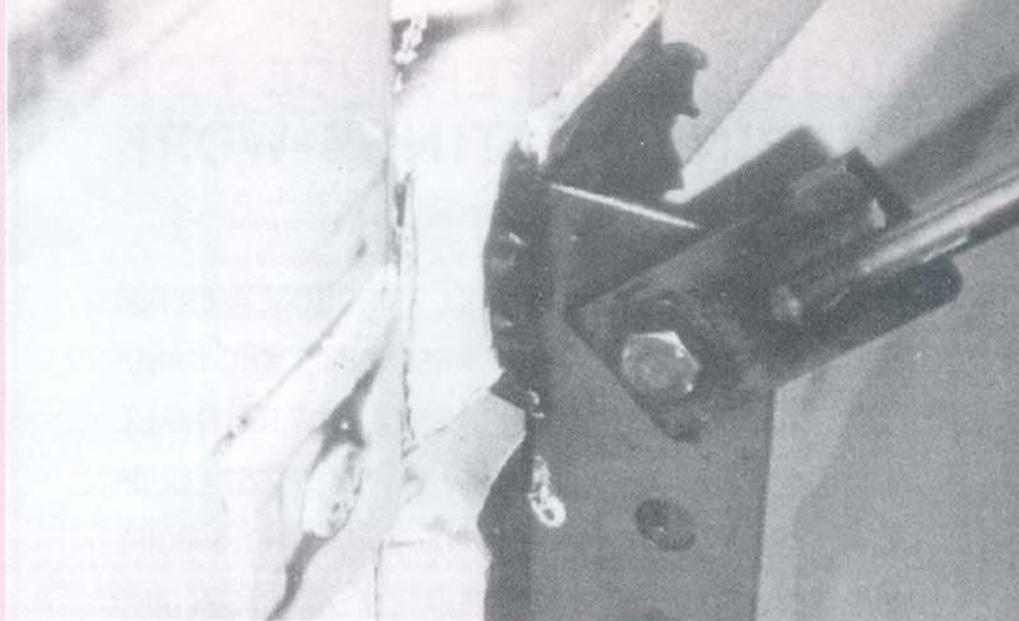


Figura 5 - Tanque d'água, em aço doce, apresentando um processo acelerado de corrosão próximo ao contato com o tirante de aço inóx.

magnésio e outras ligas) pode resultar em rápida corrosão destes componentes. Por outro lado, pequenas hastes ou fixações em aço inox ou ligas de cobre podem ser mais apropriadas pelo fato destes metais serem (catodicamente) protegidos pela grande massa do aço doce ou do ferro fundido. Torres de transmissão, grandes válvulas, acessórios de embarcações são alguns exemplos da aplicação desta característica.

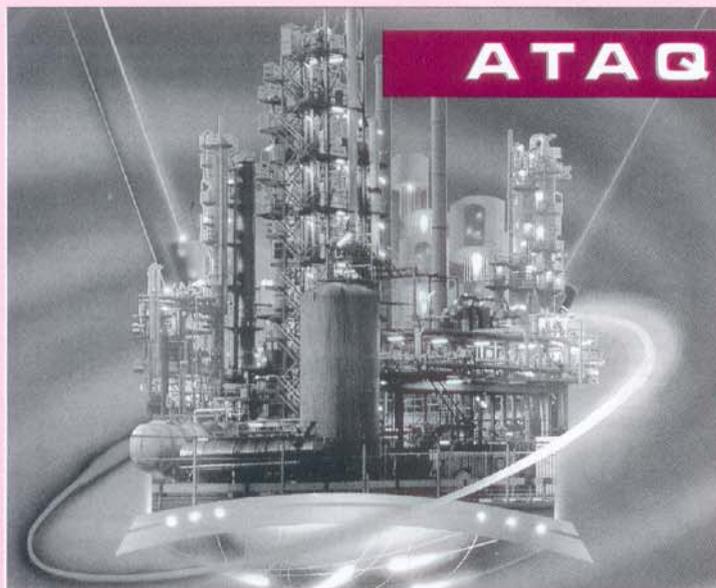
Pinte o Catodo

Catodos com grandes áreas descobertas podem ser problemáticos. Logo, é de bastante interesse que se reduza esta influência corrosiva, pintando-os. A prática do isolamento do catodo nem sempre é viável e quando é feito, peca-se na sua manutenção. O apoio, em liga de cobre, da ponte

mostrada na figura 2 foi pintado para limitar o avanço da corrosão.

Proteção Catódica

A regra é muito simples. Caso não seja possível proceder o isolamento de todos os elementos, a solução será a proteção catódica. A tecnologia da proteção catódica é baseada nos princípios da corrosão galvânica, onde o metal, normalmente o aço, mais vulnerável à corrosão, é protegido usando um outro metal mais anódico (zinco ou magnésio). Estes metais protetores são conectados eletricamente à estrutura e imersos no mesmo eletrólito, mantendo-os o mais perto possível do metal a ser protegido, ocorrendo assim a corrosão galvânica (passiva ou de sacrifício). Esta técnica é obrigatória na zona de splash das ondas do mar e na situação de



ATAQUE QUÍMICO?

Proteja seu piso de concreto contra a ação de ácidos (com grande concentração) e substâncias fortemente alcalinas com o EPÓXI INDUSTRIAL N° 29. Moderníssimo sistema de epóxi novolac e éster vinílico, made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os antigos sistemas não suportavam.

Ataque Químico não mete mais medo.
Aplice Epóxi Industrial n° 29.
Consulte-nos!

Fax consulta n° 271

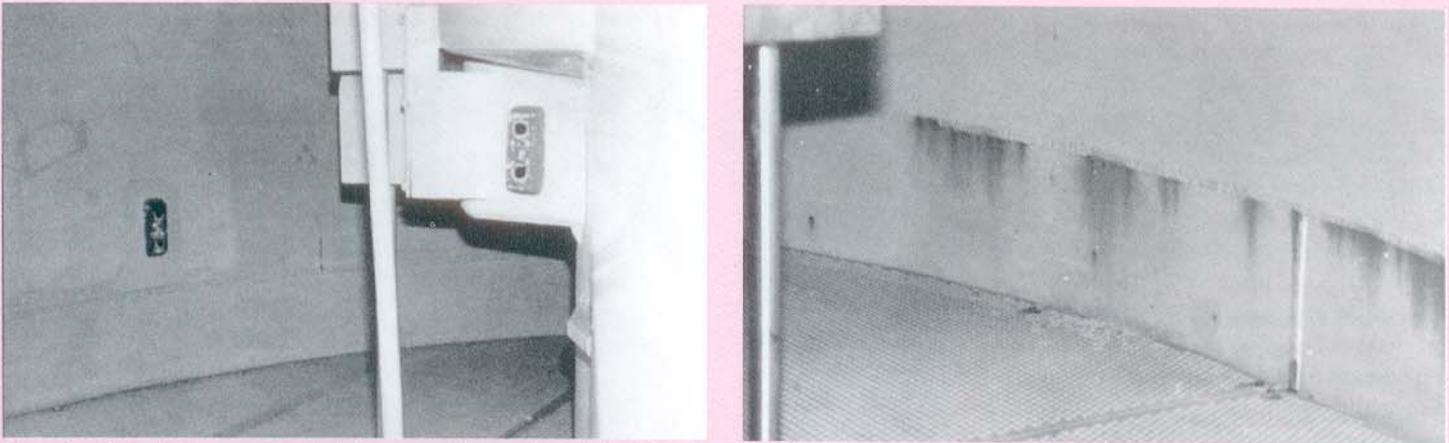


Figura 6 - Controle da corrosão galvânica em um tanque da marinha. Repare a pintura da vara de aço inox e da proteção catódica (esquerda). Note a corrosão na linha de soldas, antes da recuperação (direita). Estas discontinuidades não foram bem protegidas pela pintura de proteção.

imersão total adjacente. Esta técnica tem uma outra alternativa, aplicando-se uma corrente elétrica externa, chamada de proteção catódica por corrente impressa.

Modifique o Ambiente

Se a corrosividade do ambiente for diminuída, a corrosão galvânica também será. A corrosão pode ser reduzida drasticamente se o contato entre os dois metais diferentes for colocado em um ambiente pouco corrosivo, por exemplo, em um local seco ao invés de outro sujeito a pingamentos ou imerso. No caso dos metais estarem imersos, será importante pintá-los com um epóxi subaquático e, se possível, tratar a água com um agente químico inibidor de corrosão. Em ambientes tropicais como o nosso, notadamente nas regiões litorâneas, com chuvas periódicas, maresia e calor, estruturas pouco galvanizadas, por exemplo, entram em processo de corrosão facilmente e podem, ao final de cerca de cinco anos, apresentarem sérios processos de corrosão.

Os Benefícios

O uso bastante difundido da técnica de proteção catódica com projeção de zinco (ZTP) ou pintura de puro zinco (PPZ), particularmente em estruturas de concreto armado e metálicas, não desconsiderando estes serviços nas instalações industriais são casos típicos, como vimos, de anulação da corrosão galvânica. É fundamental o uso de metais catódicos onde não se deseja qualquer manifestação da corrosão.

É muito comum vermos em instalações industriais, como em estações de tratamento d'água, válvulas de todos os tamanhos ou mesmo grandes peneiras em aço inoxidável ou ligas de cobre e o restante do equipamento em aço doce ou ferro galvanizado. Trata-se de um caso típico de deterioração por corrosão acelerada do ferro ou do aço doce imediatamente adjacente ao metal catódico.

Como salientamos, enquanto a área do ferro ou do aço forem pequenas, ou se tivermos água ou qualquer outro líquido com

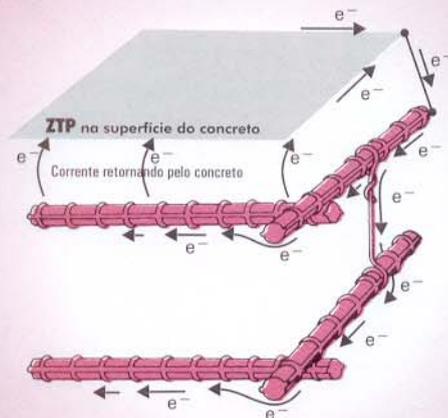
baixa condutividade neste sistema o efeito galvânico pode, usualmente, ser minimizado e até mesmo anulado.

É importante esclarecer que muitos projetistas presumem que os chamados metais não corrosivos ou resistentes à corrosão, notadamente o aço inox, cobre e suas ligas podem ser usados sem qualquer discriminação com o mesmo resultado benéfico. Quando estes metais, contendo grandes áreas, são projetados para ficarem em contato com outros metais menos resistentes à corrosão, particularmente em ambientes ou locais corrosivos, o efeito sobre os metais mais anódicos pode ser catastrófico. **T**

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Australian Standard AS 2312, Guide to the Protection of Iron and Steel against Exterior Atmospheric Corrosion.
- C.R. Sothwell, et al., "Corrosion of Metals in Tropical Environments-Final Report of 16-Year Exposures" Materials Performance.

Entenda este mecanismo...



...e você não terá mais corrosão no concreto armado.



Aplique a película de ZTP sobre o seu concreto armado e ligue-a à armadura. Pronto.

Não há cloretos, sulfatos ou qualquer outro tipo de contaminação que provoque corrosão no concreto armado, uma vez aplicado ZINGO TERMO PROJETADO.

ZTP
20 ANOS DE GARANTIA
CONTRA A CORROSÃO.

Fax consulta n° 277

Juntas de Dilatação para Pontes. Novas Tendências.

Em toda e qualquer ponte que se constrói, invariavelmente, o primeiro elemento a apresentar problemas é a junta de dilatação, com vazamentos que comprometem o resto da estrutura.

Carlos Alberto Monge



O movimento contínuo das pontes originado pela na expansão e contração causadas pelas mudanças de temperatura, fluência, retração do concreto, umidade (entre nós muito grande), além das forças dos veículos na estrutura (defleções verticais e movimentos laterais das frenagens) e dos movimentos extremamente lentos como aqueles causados por recalques e pela pressão do terreno, geram grande movimentação nas juntas de dilatação. As juntas do tabuleiro ou propriamente o projeto da ponte deverá acomodar todos estes movimentos cíclicos e, o mais importante, ter um excelente sistema de drenagem no caso de juntas abertas ou ser absolutamente impermeável para o caso de juntas fechadas.

Embora possa parecer para alguns que as juntas de dilatação sejam os elementos menos importantes em uma ponte, a frequência com que se deterioram, comprometendo a situação da meso estrutura abaixo, fez mudar radicalmente o pensamento dos departamentos de estradas de rodagem dos EUA pelos prejuízos contabilizados. Efetivamente é considerado, hoje, o calcanhar de aquiles de todo projetista ou engenheiro de manutenção de pontes.

As razões, simples e claras, resumem-se nos vazamentos ou infiltrações que ocasionam para a parte inferior da ponte, através das juntas, ocorrendo aí a corrosão destes elementos estruturais e o acúmulo de detritos e sujeira acabando por interferir no movimento das juntas, causando uma disfunção estrutural. A verdade é nua e crua. Gastam-se cerca de dois anos construindo-se uma ponte e em apenas um dia instalam-se as juntas de dila-



Recuperação de uma junta de dilatação. Repare que foi feito o aumento do nível do tabuleiro. Note o lançamento da argamassa polimérica e o posicionamento do gabarito que posteriormente será retirado.

tação. A opinião nos seminários que debatem assuntos pertinentes é que falta "respeito" ou mesmo seriedade ou profundidade nas diretrizes de projeto e, particularmente, na hora da instalação.

Se traduzirmos em números, poder-se-á afirmar que a média de tempo para uma ponte

entrar em serviço de recuperação (lá) é de 25 anos, enquanto que em apenas um ou dois anos executam-se recuperações ou troca das juntas.

O problema tem sido tão freqüente e incômodo, traduzindo-se em custos elevados, que já se projetam tabuleiros de pontes sem juntas,

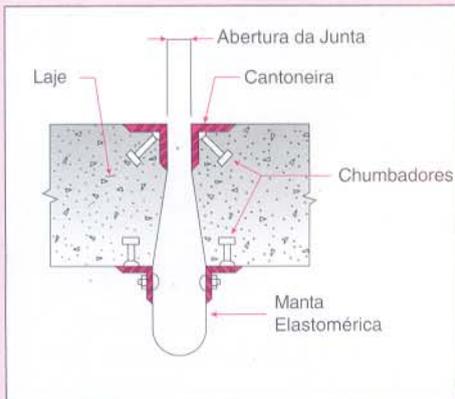
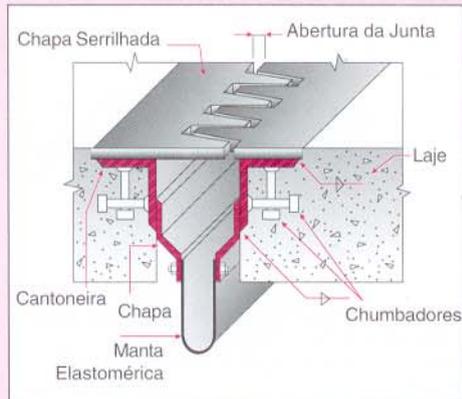


Figura 1 - Nas juntas abertas, praticamente esquecidas nas novas especificações, pequenos movimentos são acomodados com uma simples abertura no tabuleiro (esquerda), enquanto que grandes movimentos são absorvidos pela junta serrilhada (direita). Para captar a água e a sujeira que penetra nas aberturas instala-se uma cantoneira de neoprene seguida de um sistema vertical de drenagem.

transferindo-se os movimentos da superestrutura para estacas e pilares flexíveis e peças estruturais delgadas na meso estrutura.

Novas Tendências: A Junta Impermeável

É comum vermos tabuleiros de pontes com juntas de dilatação absolutamente permeáveis à passagem d'água ou, simplesmente, abertas entre tabuleiros de modo a absorver os movimentos da estrutura (figura 1). O resultado, além da passagem d'água, é o acúmulo de sujeira que preenche totalmente as bacias de coleta e drenagem, entupindo o sistema, tornando-as inoperantes.



De um modo geral, as juntas do tipo abertas caíram em desuso, sendo substituídas hoje por juntas flexíveis impermeáveis. Como descrito na edição nº 16 da RECUPERAR, existem diferentes tipos de juntas de dilatação impermeáveis. A definição de um modelo em particular será função da quantidade de movimento projetado para a junta.

As Juntas Moldadas no Local ou Simplesmente Preenchidas

Tradicionalmente usadas em pavimentos, as juntas moldadas no local trabalham apoiadas em um delimitador de profundidade, aderindo-se apenas nas laterais (lábios) da junta. Este tipo de junta é recomendado para

aberturas com movimentos de até 25mm, utilizando-se elastômeros de poliuretano ou polisulfeto. Elastômeros de silicone, acrílico ou butílico não são adequados para este tipo de junta.

A vantagem principal deste tipo de tratamento de junta é que sua aplicação e performance não são afetadas pelas discontinuidades, muito comuns, existentes no alinhamento (paralelismo) das paredes das jun-

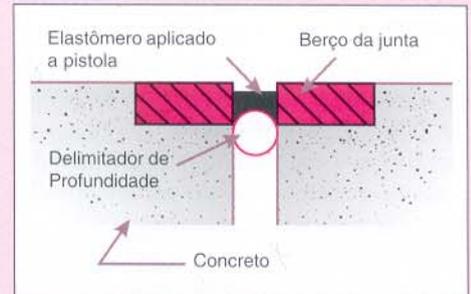
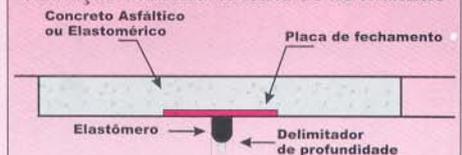


Figura 2 - As juntas moldadas no local são fáceis de instalar e manter, mas requerem extremo cuidado na preparação das superfícies.

tas. A outra vantagem é que se houver vazamento em algum trecho, basta retirar o elastômero naquele local e fazer nova aplicação. Estes materiais são absolutamente sensíveis à umidade, muito comum na obra. Logo, dever-se-á aplicar um primer epóxico insensível à umidade, um dia antes do calafetamento. Uma outra importante questão, que interferirá na performance do elastômero, é a utilização do delimitador de profundidade, sobre o qual será aplicada uma fita crepe de modo a impedir a aderência do elastômero sobre a sua superfície (Veja o porquê na RECUPERAR nº 20) e também para estabelecer a melhor relação abertura/profundidade.

Use Juntas Tampão Quando Reasfaltar

Se o tabuleiro da ponte for receber um novo asfalto sobre o antigo, as juntas de dilatação com movimento de no máximo



5cm poderão ser tratadas com as chamadas juntas tampão. Estas juntas nada mais são do que uma fina placa de aço instalada sobre a junta existente e coberta com um concreto elastomérico ou mesmo asfalto. Estes sistemas têm flexibilidade para acomodar movimentos de juntas e resistência suficiente para agüentar tráfego pesado.

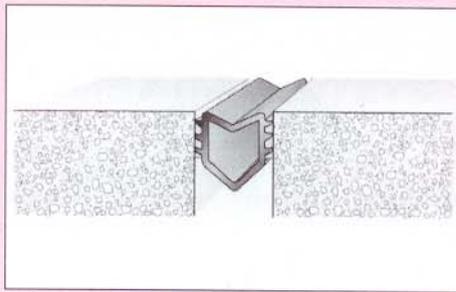


Juntas EVAZOTE sendo instaladas em um estádio de futebol. A tolerância aos inconvenientes das obras é bem maior para esta junta.

As Juntas "Jeene"

São juntas de borracha de neoprene extrudada com cavidades internas e estrias externas. São fornecidas em diversos formatos e para diferentes valores de movimentos das juntas. Dispõem de uma válvula que permite a pressurização ou compressão da borracha de encontro às paredes da junta, previamente untadas com epóxi.

Embora não acumulem sugidades, já que são alinhadas no mesmo nível do pavimento, o neoprene perde sua resiliência com o tempo e podem perder contato com as bordas das juntas. Um outro detalhe significativo e fundamental para a boa performance das juntas é a necessidade do perfeito alinhamento (paralelismo) das bordas das juntas, sem o que a junta apresentará vazamentos.



As juntas do tipo "Jeene" não necessitam obrigatoriamente de cantoneiras de aço. O inconveniente deste sistema é que perde sua resiliência com o tempo.

Juntas Evazote

Sem dúvida, a grande vantagem desta junta, a mais vendida hoje nos EUA, é a sua grande tolerância às imperfeições existentes nos lábios da juntas e a inevitável varia-

Tecnologia

Arquivo Editar Pesquisar Ajuda

Não fique obsoleto

Para acompanhar todas as novidades do mundo da engenharia civil, no campo da Recuperação, utilize o

RECUPERAR

(021) 493-5553 *Fax*

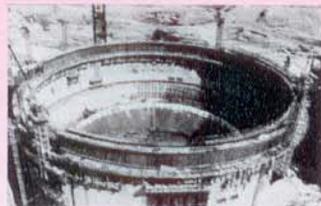
Suas dúvidas via fax.

Impermeabilidade e durabilidade exige flexibilidade contínua.

Nada de mantas asfálticas, recobrimentos e tempo perdido.



Castelos d'água.



Usinas nucleares.



Estações de tratamento de esgotos.



Estádios de futebol.

Exija epóxis flexíveis, exija CEVA DECK 300

No mundo inteiro, hoje, utilizam-se membranas epóxicas flexíveis para impermeabilização, com excelente resistência ao tráfego de carros e pessoas, além de grande resistência química, ideal para ambientes industriais. CEVA DECK 300 é uma membrana epóxica flexível, extremamente resistente, normalmente utilizada em pavimentos de garagens, play-grounds, marquises, áreas industriais e comerciais. Tecnologia com 100% de sólidos.

Impermeabilize com
CEVA DECK 300
e esqueça.

Fax consulta n° 309

ENCHAM E CALAFETE

Com a nova pistola Newborn



Fax consulta n° 286



Na próxima vez que você for calafetar, use elastômeros a granel e a nova

PISTOLA NEWBORN





A aplicação da junta EVAZOTE em uma barragem. A aplicação é feita comprimindo-se a borracha esponjosa dentro da junta, previamente pintada com epóxi.

ção em suas aberturas, o que condena a maioria das juntas à ruína precoce.

De concepção ultra moderna, esta junta, formada por uma espuma especial extrudada de célula fechada, muito densa, tem sido recomendada por grandes projetistas para substituir a maioria das juntas do tipo borracha sanfonada com cavidades internas. Uma das boas vantagens deste tipo de junta é que sua aplicação é fácil e rápida. É fornecida com tamanho 25% maior do que a abertura da junta.

Procede-se à limpeza da junta e a seguir aplica-se o adesivo, seguido da aplicação da borracha, comprimindo-a dentro da junta. O protetor penetrante deverá ser aplicado antes do adesivo.

REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monte é Eng^o Civil, especialista em recuperação.

Técnicas e produtos de recuperação do mundo inteiro você encontra aqui

Assine
RECUPERAR
(021) 493-4702

Sabe qual o melhor tipo de junta para esta obra?



Fax consulta nº 322

EVAZOTE, é claro.

Método de Recuperação

Uma Estratégia Elevada na Recuperação de um Viaduto

A recuperação de um importante viaduto em Londres, é um exemplo para os nossos.

Joaquim Rodrigues



Serviços de recuperação/reforço estrutural em obras de arte como viadutos urbanos tornam-se difíceis de realizar, à medida que estas

obras alcançam sua expectativa de vida. Esta matéria é um breve resumo dos serviços de recuperação estrutural que estão sendo realizados em um importante viaduto situado na auto estrada "Motorway M4", localizada dentro da cidade de Londres.

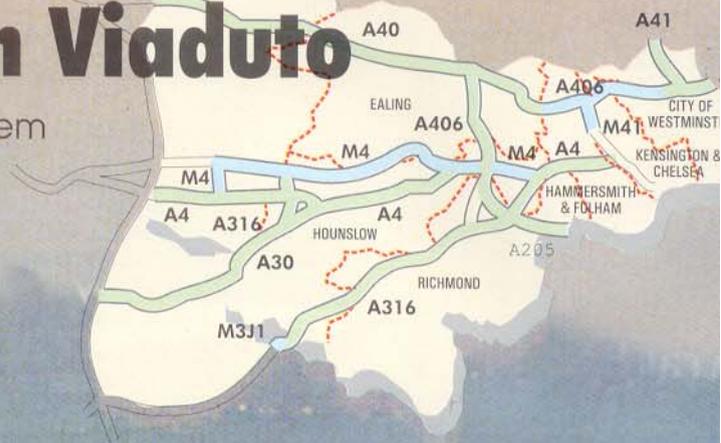
Este viaduto, construído a 30 anos atrás, apresenta 2,9km de comprimento e está situado a oeste de Londres, ligando o centro da cidade ao aeroporto Heathrow, com um fluxo diário de 110 mil veículos.

Este viaduto apresenta vazamentos em, praticamente, todas as juntas de dilatação e sintomas generalizados de deslocamentos com armaduras expostas e em avançado estado de corrosão ao longo de todas as longarinas e travessas.

O objetivo desta matéria é chamar a atenção das Secretarias de Obras Municipais e Estaduais, além dos Departamentos de Estradas de Rodagem Estaduais e Federais em face da similaridade dos problemas da obra em questão com relação a grande parte de nossos viadutos.

A Estrutura

Construído em 1965, este viaduto apresenta tabuleiros com 17 metros de largura, composto de lajes moldadas no local, apoiadas em vigas pré-moldadas e protendidas. Ao longo de toda a sua extensão, o viaduto apresenta 129 vigas travessas com formato de "T", apoiadas em pilares, formando balanços em suas extremidades. As vigas-transversas apresentam seções variáveis



O Viaduto M4 que liga o centro da cidade ao aeroporto, tem fluxo diário de 110 mil veículos.



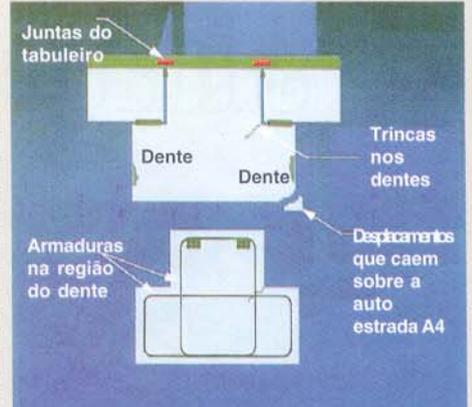
Situação de uma travessa do M4. Semelhança com as travessas de nossos viadutos.

decrecentes da região central, sobre os pilares, para as duas extremidades. Sobre os dentes do "T", estão apoiados os tabuleiros. Estes dentes, como veremos adiante, apresentavam sérios sintomas representados por

trincas que provocaram cedência em alguns tabuleiros.

As juntas formadas pelos tabuleiros e as vigas travessas apresentavam uma abertura média de 25mm ao nível da pista de rolamento e cerca de 60mm ao nível do apoio na travessa, significando deformação ou deflexões na travessa e cedência dos tabuleiros.

As caixas das juntas, como sempre, ficam inacessíveis a vistorias, tornando-se um local perigoso quando há penetração d'água ou, propriamente, vazamentos através das juntas empregadas. As juntas de dilatação foram tratadas com juntas de borracha. Com o passar do tempo, as juntas começaram a vazar, fazendo com que a água adentra-se na caixa da junta. As fissuras, que quase sempre existem nestas regiões, começaram a receber esta água com contaminantes que, indo de encontro às armaduras, estabeleceram ambientes propícios ao desenvolvimento de



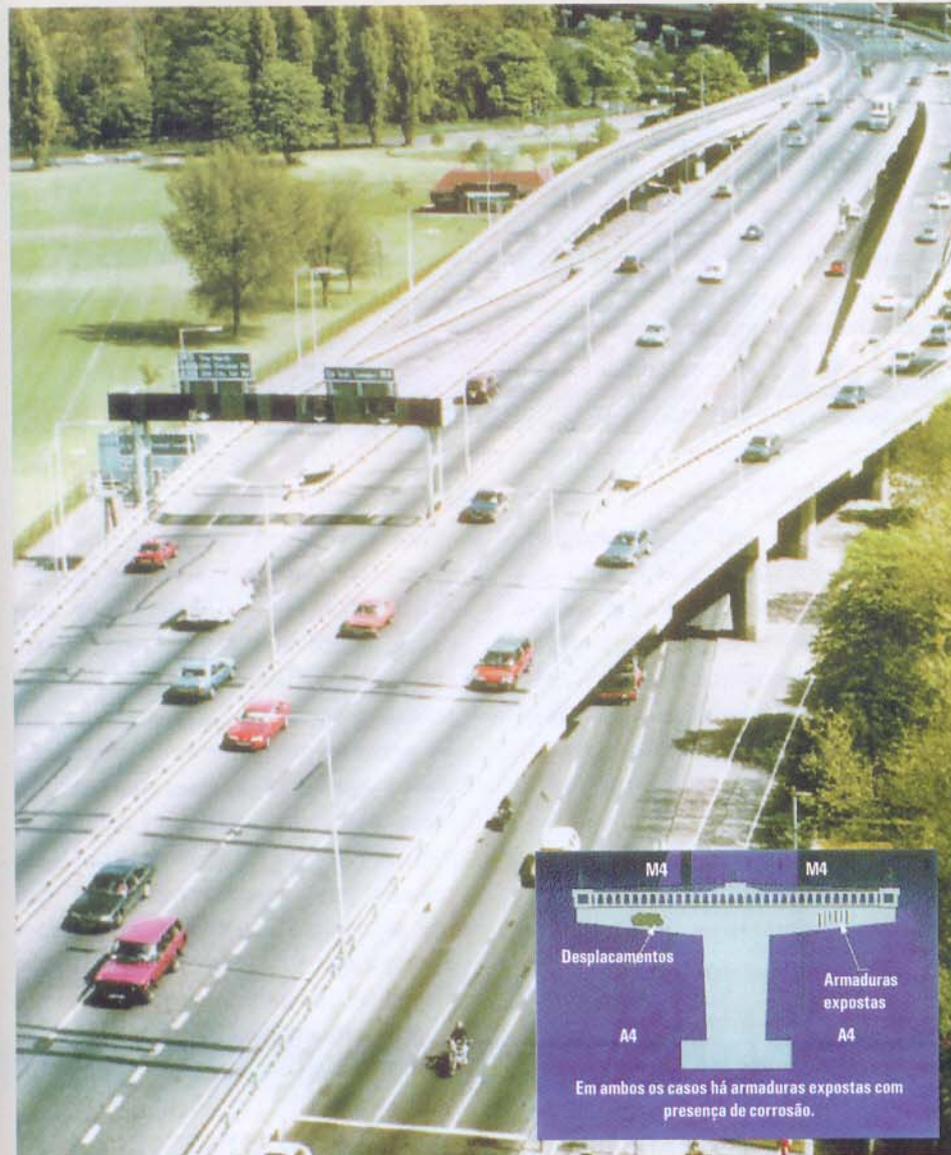
Infiltrações, trincas e deslocamentos no desenho que especifica, em corte, a travessa e o apoio dos tabuleiros. Note a ordem de problemas.

células de corrosão no aço. Daí, para o desenvolvimento da corrosão com perda da capacidade suporte nas vigas travessas foi uma questão de tempo.

As Investigações

Prezado leitor, desejamos salientar que estas obras de recuperação e reforço estrutural ainda estão em andamento. No entanto, quando estes sintomas foram detectados, em 1992, imediatamente estabeleceu-se um programa de tratamento em que a fase primária foi a substituição das juntas de dilatação, de modo a novamente tornarem-se estanque as juntas. Dentro desta fase de trabalho também foram removidos todos os deslocamentos eminentes, que pudessem pôr em risco os veículos, através de uma análise com percussão em todas as superfícies. De um modo geral podemos resumir os seguintes procedimentos nesta primeira fase:

- Mapeamento de todos os processos de infiltração, deslocamentos e trincas.
- Ao longo de todo os 2900m de extensão descobriram-se 445m² de área com processos de deslocamento.

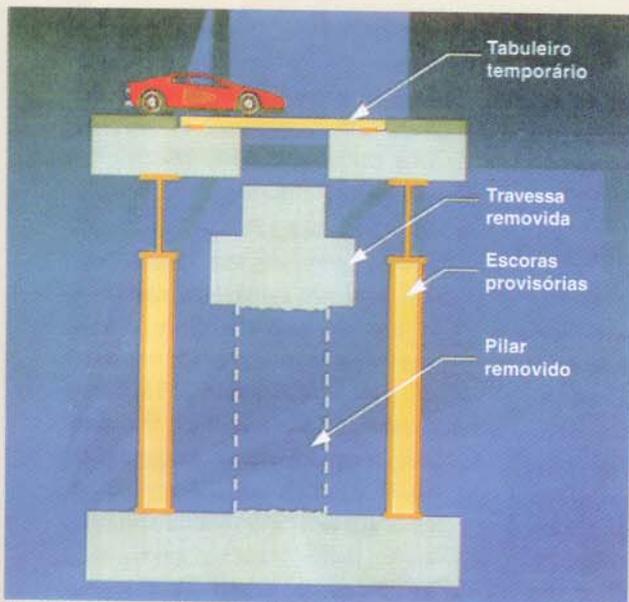


Vista aérea do elevado M4 na saída nº 2. Detalhe- Seção transversal de um pilar que suporta o elevado.

EPT ENGENHARIA
E PESQUISAS
TECNOLÓGICAS S.A.

Estudos e Projetos de Pavimentos
Controle de Compactação de Aterros
Controle Tecnológico de Concreto e Aço
Sondagem à percussão e Rotativas
Provas de carga em solos, estacas e estruturas
Supervisão e Gerenciamento de Obras
Injeções de caldas e resinas
Drenos horizontais
Micro Estacas - Estacas Raiz
Impermeabilização
Recuperação de Estruturas
Tirantes - Cortinas atriantadas
Reforço Estrutural com Fibra de Carbono

Matriz São Paulo - Rua Catão, 523 - Fone PABX (011) 873-3399
Filial Porto Alegre - Rua Marcelo Gama, 41 - Fone (051) 342-7766



Escoramento provisório dos tabuleiros para a remoção da travessa e pilar



Última seção da travessa sendo transportada.

- Com o equipamento detector digital de armaduras e da espessura da camada de recobrimento (veja vitrine de produtos da RECUPERAR nº 14), obtiveram-se espessuras entre 22 e 147mm (média de 54mm). A espessura da camada de recobrimento de projeto foi de 38mm.
- Levantamento das trincas, nas regiões dos apoios das vigas travessas, através das duas extremidades dos balanços. Os dentes, que formam os apoios, bem armados à tração, deram surpresa aos projetistas com a surgência de grandes trincas naquelas regiões. Dos 516 dentes de apoios existentes, 156 encontravam-se com trincas, detectadas pelas extremidades dos balanços. Nesta etapa, foram instalados detectores de movimento do tipo S.A.T nas trincas, de modo a estu-

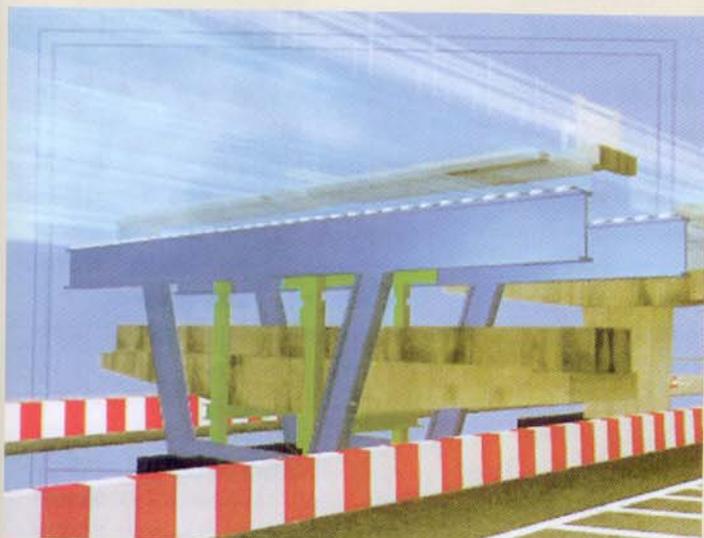
dar-se o desenvolvimento de suas aberturas. Serviços de ultra-sonografia foram executados nas vigas travessas.

- Foram extraídas amostras de pó de concreto, ao nível das armaduras, para se checar o grau de contaminação do concreto por íons cloretos. Cerca de 75% das amostras mostraram valores superiores a 0,3% de cloretos sobre o peso do cimento indicando, portanto, grande contaminação do concreto e provável desenvolvimento de corrosão nas armaduras.
- Na análise dos potenciais de corrosão feita com a semi-pilha, os melhores valores deram como média 150mV e os piores cerca de 500mV. Comparando-se com o valor crítico de 350mV, as voltagens superiores indicaram alto risco de corrosão.

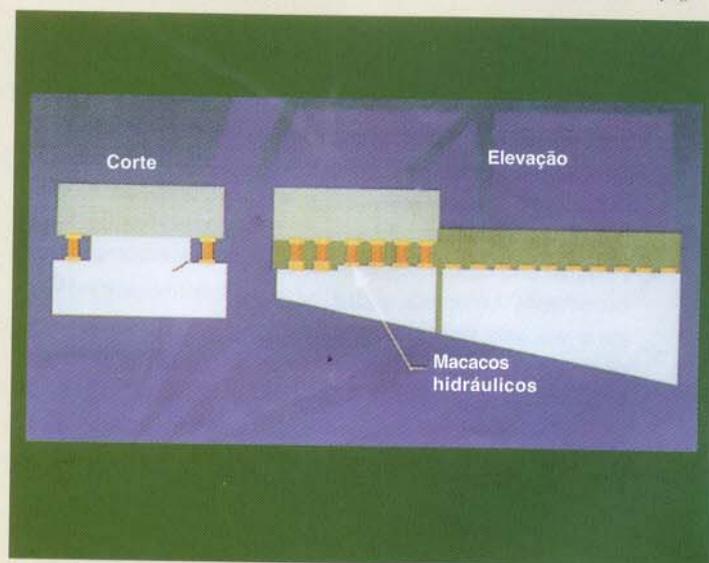
A Remoção da Travessa

A travessa de nº 45 foi escolhida pelo fato de apresentar, basicamente, todos os piores sintomas detectados nos estudos realizados. Todos os serviços, que culminaram com o remanejamento desta peça, foram realizados em duas semanas, sempre a noite, estendendo-se até a manhã seguinte, de modo a não causar maiores problemas ao tráfego. A interrupção efetiva do tráfego aconteceu apenas nos dois fins de semana. Para a remoção da viga travessa, foi preliminarmente necessário efetuar o escoramento, com estrutura metálica, das duas extremidades dos tabuleiros que descarregavam nesta peça. A própria travessa foi escorada com um sistema hidráulico que possibilitasse o abaixamento até o solo. A seguir, remanejou-se o

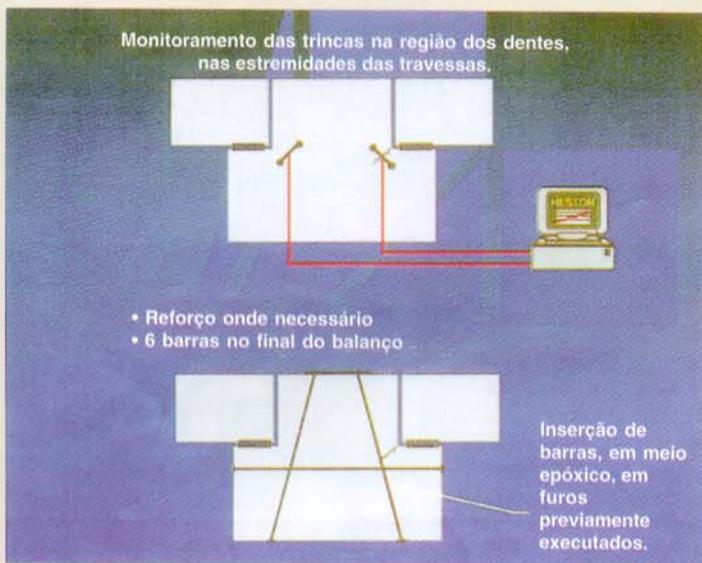
Continua na pág. 33



Imagens do vídeo apresentado na televisão de modo a orientar a população para os inconvenientes da obra.



A prova de carga efetuada na travessa 45.



Monitoramento e reforço estrutural.

pilar, cortando-o em fatias. O vazio criado entre os dois tabuleiros, motivado pela retirada da viga, foi preenchido com chapas metálicas. Uma vez no chão, a viga travessa foi seccionada em três partes, sempre utilizando-se a tecnologia de corte com fios adiantados. Tanto a viga quanto o pilar foram remanejados ao fim do primeiro final de semana, quando foi feito o bloqueio total do tráfego.

No segundo final de semana, chegou à obra uma nova viga travessa, dividida em três seções. Uma vez protendida no solo, foi posteriormente levantada à posição original. Com esta peça no lugar, deu-se início à concretagem do novo pilar. Após a cura desta peça, remanejaram-se todos os apoios.

Durante seis anos foram executados centenas de testes para a avaliação da obra. No início de 1998, chegou-se à conclusão de que os altos teores de cloretos, ausência de recobrimento adequado em algumas regiões e as infiltrações através das juntas de dilatação, efetivamente determinaram um sério estado de corrosão nas armaduras que, por sua vez, deterioraram grandes extensões da estrutura, causando os deslocamentos. Por outro lado, foi feito o recálculo das transversas, com base nos valores dos corpos de prova extraídos e rompidos e a conclusão foi de que estas peças encontravam-se em boas condições de segurança, apesar dos sintomas de corrosão. Contudo, faltavam ainda os dados acerca da situação das faces das travessas situadas dentro das caixas das juntas. Estas informações eram de grande importância, pelo fato de que havia a real possibilidade de continuidade

vos.

Não restava mais dúvidas para o Departamento de Estradas de Rodagem da Cidade de Londres. Decidiu-se remover uma das travessas para análise.

É interessante ressaltar que, esta obra, particularmente na etapa final que culminou com a remoção e substituição da travessa e pilar, foi demasiadamente anunciada na televisão, inclusive com a divulgação de um vídeo elucidativo sobre as etapas dos serviços, evidenciando-se a importância, e mais objetivamente, alertando a população para evitar aquele importante acesso.

O Teste da Viga-Travessa

Embora os testes estejam ainda em andamento algumas conclusões já foram tiradas.

- As duas faces da viga pertencentes às caixas das juntas apresentavam-se da mesma forma que as expostas, com alguns deslocamentos e presença de corrosão.
- Estão em andamento medições da taxa de corrosão e teor de cloretos.
- O esperado teste de carga foi realizado, carregando-se as extremidades dos balanços da viga de forma separada, isto é, distribuindo-se a carga ao longo dos dois dentes de apoio e, posteriormente, apenas carregando-se na ponta do balanço. A carga de ruptura, praticamente bateu com o dobro da carga de projeto. A abertura das trincas, no momento de ruptura, chegou a 1,5mm, resultado este muito positivo já que tamanha abertura poderia ser usada como um sinal de alerta na iminência de um possível acidente.

das trincas para dentro da região dos apoios dos tabuleiros. Sintomas estes, provavelmente, agravados pela penetração d'água e o estabelecimento de células de corrosão.

Para esta situação objetivou-se a execução de uma videoscopia dentro das caixas das juntas, de maneira a se visualizar a existência de trincas. Houveram resultados positi-

- No momento está se procedendo o corte de todo o concreto da viga no sentido de se expor todas as armaduras de modo a se avaliar as perdas de seção existentes, correlacionando-se com os resultados obtidos. O objetivo deste trabalho é formular um modelo do estado de ruína desta viga, de modo a ser usado como instrumento comparador em relação às demais vigas travessas do viaduto, nos serviços de recuperação/reforço futuros.

O Futuro do Viaduto

Os resultados indicam que a estrutura está segura, no momento. Serviços de manutenção, agora, serão constantes, estabelecendo-se períodos mais curtos, além do monitoramento estrutural que será permanente. Acredita-se que as travessas possam ser motivo de reforço estrutural a médio prazo. Foram estabelecidas as seguintes estratégias de tratamento futuro para a estrutura do viaduto:

- Os serviços de substituição das juntas, de modo a torná-las estanques, deverá ser finalizado. A substituição feita há quatro anos atrás deu como resultado a diminuição da taxa de corrosão nas armaduras.
- Monitoramento contínuo, na pontas dos balanços, exatamente na zona dos dentes de modo a analisar o desenvolvimento de trincas, evidenciando portanto um possível início de ruína que estaria acontecendo naquela zona, dentro da caixa da junta, sem qualquer acesso.

Caso constate-se o desenvolvimento de alguma trinca, até na região do dente, promover-se-á serviços de reforço estrutural com execução de furos e instalação de armaduras de tração, de modo a impedir o desenvolvimento das trincas. Na zona escondida da caixa da junta, serão substitu-

Na RECUPERAR Você encontra uma verdadeira assessoria técnica ao seu problema, em sua construção

Assine
RECUPERAR
(021) 493-4702

idos os serviços de endoscopia para o controle da surgência de trincas, por medidores de vibração conectados em fios a um analisador de dados (logger) e a um modem.

- Monitoramento das superfícies de todo o concreto armado do viaduto de modo a evitar a surgência de deslocamentos futuros, que possam colocar em risco a vida dos motoristas que passam ali em baixo. A surgência de deslocamentos, como todos sabemos, não é motivo de pânico e muito menos a realização de serviços de reforço. No entanto, geram caros e constantes serviços de recuperação. Para evitar este problema, far-se-á a projeção de Zinco Termoprotectado (ZTP) de modo a impedir o desenvolvimento da corrosão nas armaduras (proteção catódica), principalmente as mais superficiais e também dar uma melhor aparência às superfícies do viaduto, melhorando inclusive a visualização do verdadeiro corredor existente embaixo do viaduto.

Conclusão

Os problemas e os conseqüentes serviços de recuperação e reforço no elevado M4 não é um fato isolado na Inglaterra. O fato é que o M4 é extremamente estratégico, pois sua localização e sua extensão o tornam motivo para aparecer nos telejornais e no resto da mídia. A ocorrência de problemas em viadutos urbanos, em todo o mundo, deu um novo sentido de manutenção aos engenheiros de Departamentos de Estradas da Inglaterra, em função dos sérios problemas que ocasionam, uma vez em estado de pré ruína ou mesmo de colapso. São estas as novas diretrizes deste departamento:

Novas Diretrizes Para Manutenção de Viadutos

- Durabilidade e manutenção deverão ter mais exigências nos projetos de futuros viadutos. Após a construção de qualquer viaduto é essencial e obrigatório o estabelecimento de um plano regular de manutenção periódica, de modo a impedir o desenvolvimento de problemas maiores, detectando-os nos estágios iniciais. Esta medida tornar-se-á obrigatória, independente das mudanças políticas que ocorram no governo. Esta medida justifica-se porque trabalhos de recuperação ou reforço estruturais ficam bem mais caros ao bolso do cidadão do que os serviços de monitoramento e manutenção.
- Nas estruturas antigas que evidenciam algum sinal de deterioração é essencial o desenvolvimento de investigações para determinar a extensão completa do problema e suas causas. Todas as opções para a sua recuperação deverão ser motivo de análise do custo benefício do serviço, considerando-se basicamente os custos da interrupção do tráfego e da formulação da estratégia de recuperação/reforço.
- Gerenciamento de tráfego é um setor de extrema relevância, além de estratégico, necessitando ter seu segmento de publicidade para o planejamento dos trabalhos de manutenção.

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- WSP Civils, Mike O'brien.
- Highways Agency of UK, Lawrie Haynes.

ACIDENTES Pontes e Viadutos Corrosão em Cabos de Protensão



Ponte dos Remédios - SP



Qual será o próximo?

ACABE COM AS SURPRESAS, PREJUÍZOS E ACIDENTES.

EVITE ESTE PROBLEMA INSTALANDO UM VETEK.

SIMPLES E DE FÁCIL INSTALAÇÃO, O VETEK INFORMA

QUALQUER PRESENÇA DE CORROSÃO E A SUA EVOLUÇÃO.

VETEK
O Controle da Corrosão.