

CSI NAS OBRAS

TÉCNICOS E ENGENHEIROS PODEM E DEVEM INVESTIGAR A CENA DO “CRIME” IGUAL A SÉRIE CSI DA TV, DE MODO A ENTENDEREM SUAS PATOLOGIAS.

CORROSÃO

Joaquim Rodrigues

Tudo por contra do enorme sucesso do programa de TV chamado CSI, abreviação em inglês de “Investigando a Cena do Crime”, onde peritos analisam e examinam minuciosamente toda sorte de pistas, de modo a levantar a causa do crime e, naturalmente, os culpados. É preciso que se diga que, na vida real, não é tão fácil e rápido solucionar um crime. Na maioria das vezes exige tempo, muita disciplina, muito conhecimento, transpiração e, claro, é muito custoso.

Identificar as causas das inúmeras patologias que podem ocorrer nas edificações é difícil, trabalhoso e dispendioso. Pode exigir desde um equipamento simples como

um lápis medidor de pH, até análises sofisticadas com microscópio eletrônico de varredura e análises químicas, que são demoradas e caras.

Não é a toa que, tradicionalmente, técnicos e engenheiros recorrem aos “guias técnicos” e seus produtos “miraculosos” pertencentes àquelas empresas tradicionais do repairbusiness.

A maioria das empresas, estrategicamente, distribuem catálogos de produtos dirigidos a solucionar toda sorte de problemas. O resultado é o que todos conhecemos: um tremendo círculo vicioso de reparos, muitas das vezes introduzindo, infelizmente, mais problemas que soluções. Algumas matérias apre-

sentadas pela RECUPERAR evidenciam este grande problema. É o caso das apresentadas nas revistas RECUPERAR n^{os} 25 e 46, que evidenciam a incompatibilidade do material de recuperação com o substrato original.

É muito bom e por que não dizer cômodo, acreditar que uma simples argamassa chipada, com polímeros e agentes iônicos, totalmente antagônicos, possam produzir algum efeito numa patologia de corrosão. Mas acreditamos, geralmente com o aval de empresas que estão no mercado há mais de 50 anos! Quem poderia desabonar? Com toda a sorte de informações que dispomos hoje, cabe ao técnico ou engenheiro envolvido em patologias da construção questio-

Nada de placebos*. Nossas soluções realmente funcionam.

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

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

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

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

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



Soluções e Materiais Personalizados

www.rogertec.com.br
rogertec@rogertec.com.br
tel.: (21) 3154-3250
fax: (21) 3154-3259



Estrada na subida da serra: por que o talude cedeu?

nar o problema que, com paciência e um telefonema ou com alguns minutos na Internet identificará, de forma precisa, a causa e sua solução.



Procurando a causa do “crime”

Quando aquela turma de detetives iluminados do programa CSI chega à cena do crime, acontece a pergunta básica: o que aconteceu? No Instituto de Patologias da Construção, IPACON, proprietários, técnicos e engenheiros telefonam ou enviam e-mails questionando soluções para trincas em pavimentos, a possível existência de corrosão em cabos de protensão, processos de corrosão em fachadas de concreto aparente ou nos diversos setores de uma indús-

tria. Vamos por partes. Como detetives de patologias, o grupo de especialistas do IPACON, que atende no “Plantão Técnico”, costuma questionar qual o histórico dos sintomas e a particularidade de cada situação patológica. Repare que o quadro investigativo montado apresenta semelhanças. No programa CSI, quando uma pessoa é declarada desaparecida, a equipe do FBI chega ao local perguntando: quem viu a pessoa pela última vez? E vai montando o quebra-cabeças aos pouquinhos. Para montar o quadro patológico de um problema existente em um piso ou edificação, procura-se enquadrar os sintomas em padrões patológicos perfeitamente conhecidos e, naturalmente, com soluções modernas e eficientes.



Seqüência de fotos: camada de solo mole “puxou” as estacas periféricas deste galpão, além do próprio piso e sobrecarga.

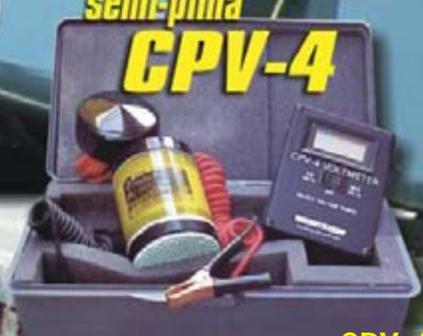


Depois de algumas “recuperações estruturais”, veja o estado em que o pilar ficou.

TECNOLOGIA?

Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado já está disponível o novo conjunto semi-pilha CPV-4 com voltímetro digital. A semi-pilha CPV-4 é um revolucionário instrumento que mede os potenciais de corrosão em superfícies de concreto armado e protendido. Com este equipamento poder-se-á levantar ou monitorar, de tempos em tempos, possíveis estados de corrosão e a sua velocidade, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (desplacamentos).

**Só com
semi-pilha
CPV-4**



CPV-4
teste-arrendamento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 03

Evite isto!

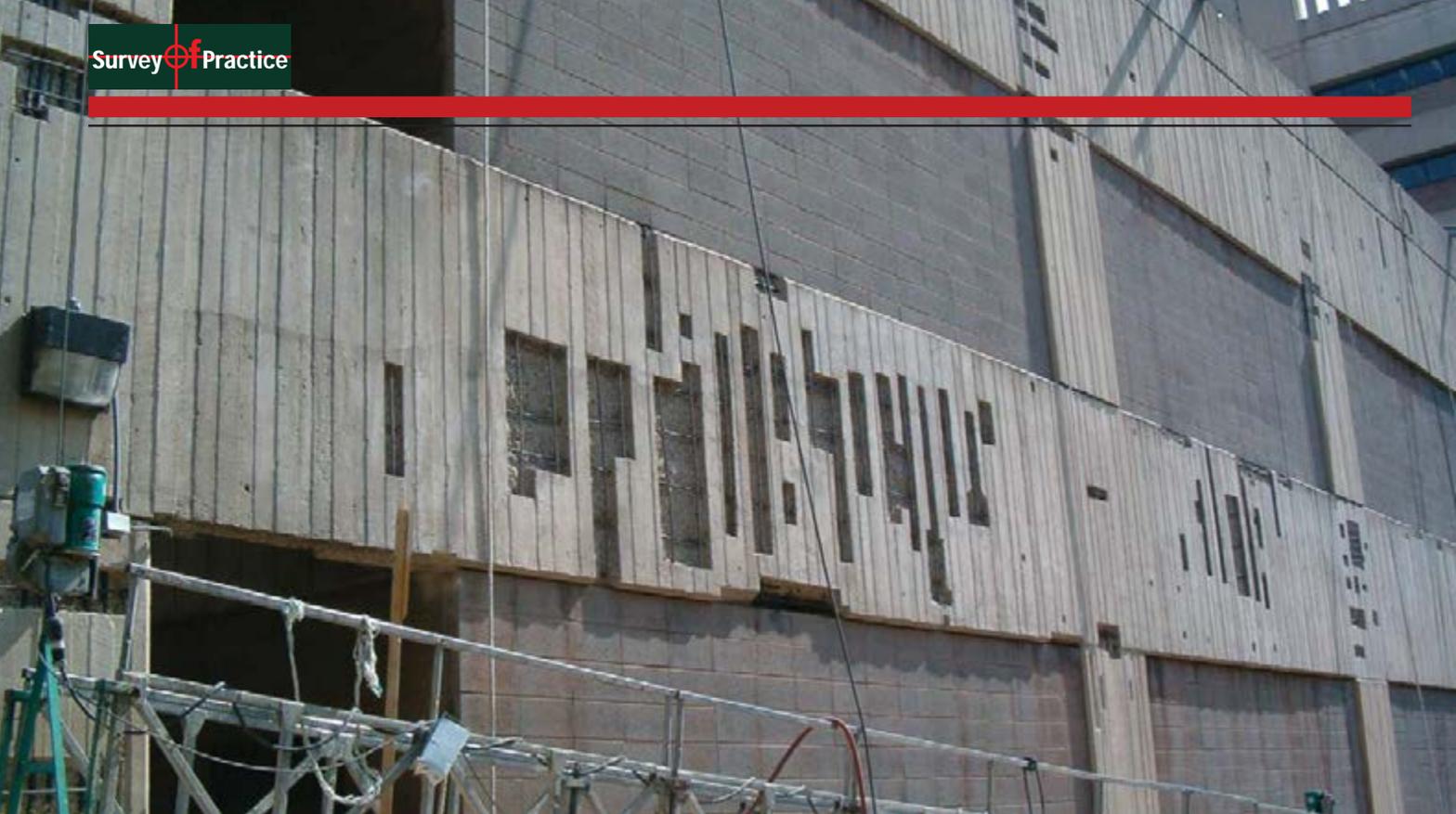
Retire amostras e guarde as evidências

Numa história bem recente do CSI, a equipe de investigadores, com especialidade laboratorial, chegou de surpresa na casa da “pobre” viúva, pegando-a lavando cuidadosamente o suposto local do crime, com o argumento de “apenas melhorar o aspecto do local”. Não precisamos esperar até o final da história para descobrir quem matou o pobre coitado.

No repairbusiness é comuníssimo vermos situações de dar pena. Uma grande empresa, tendo como sede um imenso prédio em concreto aparente, mandou delimitar as áreas com corrosão localizada em suas fachadas. A seguir, todas estas “áreas comprometidas” tiveram seu concreto cortado a golpes de martelo, até a ausência total de “sintomas de corrosão nas armaduras”, conduzindo-se o pobre concreto rico em informações, mas sem poder “falar” para aterros próximos.

Depois foi feita a aplicação de uma “argamassa cimentícia polimérica com inibidor de corrosão”, seguido do enchimento com outra argamassa chipada nas antigas regiões anódicas, transformando-as em falsos catodos, devido ao efeito das áreas, forçando os antigos catodos a se transformarem em novos anodos, devido ao diferencial de pH imposto (choque eletroquímico da nova massa com o antigo concreto). Completando, aplicou-se outra barreira na superfície através de ver-

É comum o patologista mergulhar e investigar a espessura da camisa metálica com medidor ultrassônico além dos potenciais de corrosão nas estacas.



A tal história de acreditar que corrosão é só aquilo que se vê, tratando os sintomas terminais como se, com isso, a corrosão acabasse é prejudicial para a estrutura.

niz acrílico que só premia a estética e deixa tudo bonito. Quer dizer, retirou-se todas as evidências com o corte do “concreto comprometido”, que certamente possibilitaria a análise do pH e de possíveis estados de contaminação, negligenciando-se também os potenciais de corrosão presentes nas áreas anódicas vizinhas, de modo a descobrir pilhas de corrosão insipientes e compor um mapa de isopotenciais para descobrir, efetivamente, as causas e o foco do problema.

Tão rápido quando ligeiro, enterrou-se as evidências, ignorou-se as testemunhas, procurando-se deixar tudo muito agradável e bonito, aliás como estava antes. Mas o problema foi realmente solucionado?



O menor do eco-impacto

ECO-IMPACTO

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 04

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



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) 3154-3250
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 05



Atualmente, estações de tratamento de efluentes recebem grande atenção investigativa, tendo em vista a peculiaridade dessas construções e os conseqüentes e naturais problemas.

Provas A, B, C...

Em cada capítulo do CSI, mostra-se na cena do crime a preocupação dos investigadores em levantar as evidências, dispondo-as em uma série de saquinhos. De forma semelhante, o patologista da construção faz testes nos locais sintomáticos e coleta amostras que, certamente, ajudarão a montar o quebra-cabeça de todo diagnóstico. Por exemplo, sinais de corrosão em estruturas

de concreto armado é apenas a primeira evidência do que está ocorrendo. É necessário entender a eletroquímica de todo o processo para poder levantar a(s) causa(s) e, mais importante, a maneira de reverter os potenciais de corrosão para potenciais de proteção. Equipamentos simples e baratos como lápis medidores de pH e kits detectores de cloretos, sulfatos e nitratos ajudam a levantar mais provas no próprio local e fazem sucesso na patologia das construções,

descobrindo estados de contaminação do concreto pelo dióxido de carbono (carbonatação) e pelos sais cloretos (contaminantes salinos). Um outro equipamento, na forma de lápis digital, mede o pH da superfície do concreto e também sua resistividade (ou condutividade). Para completar o diagnóstico da corrosão não poderia faltar a semipilha que, literalmente, enxerga a presença de corrosão nas áreas “aparentemente boas”.

CONTROLE DA CORROSÃO e PROTEÇÃO CATÓDICA

- ✓ Staff certificado pelo NACE.
- ✓ Análise do estado de ruína.
- ✓ Projetos de proteção catódica.
- ✓ Produtos para proteção catódica.
- ✓ Instrumentos para inspeção.
- ✓ Tanques e tubulações.
- ✓ Anodos.
- ✓ Seminários para treinamento.
- ✓ Formulação de especificações.
- ✓ Pesquisa e desenvolvimento.



Tels: (21) 3154-3255
Fax: (21) 3154-3259

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



O lápis medidor de pH identifica o pH do concreto em qualquer situação.



O Kit Detector de Cloretos quantifica e qualifica, na hora, a contaminação no concreto.

fax consulta nº 06



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil, mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- Ohama, Y., Applications of concrete-polymer composites and recent trends in their research and development, *Concr. J.*, 28(4),5 (in Japanese).
- Wagner, H.B., Polymer-modified hydraulic cements, *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 4(3), 191.
- Ohama, Y., Study on Properties and Mix Proportions of Polymer-Modified Mortars for Buildings, Rep. 65, Building Research Institute, Tokyo (in Japanese).
- Wagner, H.B. and Grenley, D.G., Interphase effects in polymer-modified hydraulic cements, *J. Appl. Polym. Sci.*, 22, 813.
- Crisp, S., Prosser, H.J., and Wilson, A.D., An infrared spectroscopic study of cement formation between metal oxides and aqueous solutions of poly(acrylic acid), *J. Mater. Sci.*, 11,36.
- Ohama, Y., Development of concrete-polymer materials in Japan, in *Polymers in concrete*, Proc. 2nd Int. Congr. Polymers in Concrete, College of Engineering, The University of Texas at Austin.
- ACI Committee 548, Guide for the use of polymers in concrete, *J. Am. Concr. Inst.*, 83, 798.
- Ohama, Y., Demura, K., Kobayashi, T., and Dholakia, C.G., Properties of polymer mortars using reclaimed methyl methacrylate, *Mater. Eng.*, 1, 97.
- Ohama, Y., Sekino, K., Suzuki, S., and Yamamoto, T., Rapid field polymer impregnation system for concrete and field trial, in Proc. 26th Jpn. Congr. Materials Research, Society of Materials Science, Kyoto, Japan.



Amostras de películas de tinta e do próprio substrato, ao microscópio, delatam a causa do insucesso da pintura. Na microfotografia da esquerda, podemos observar a prova do deslocamento da pintura de uma fachada, o que a olho nu era impossível ver. Na direita, vê-se a seção de uma película epóxica extraída de um piso industrial. A presença de grandes vazios detonou a pintura. Os vazios ocorrem devido aos gases que tentam alcançar a superfície do filme ainda viscoso. Os gases podem surgir devido aos vapores do seu solvente, o vapor d'água que vem da placa e do solo, à superfície quente na hora da aplicação e também à mistura inadequada da tinta.

Estes testes poderão ser realizados por técnicos e engenheiros com um mínimo de especialização, pois são simples e rápidos. Após seu levantamento é só se informar a respeito dos valores normatizados para comparação e pronto. Provas como estas são mais que suficientes para se conhecer o que está acontecendo. Diagnósticos ape-

nas com observações visuais são simplórios e perigosos. A análise científica, com seus estudos e pesquisas não deixa passar nenhum detalhe e, claro, eleva o padrão da investigação, forçando tanto o perito quanto o investigador a pensarem (muito) antes de diagnosticarem. Sabendo perguntar, a construção responde.



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/cm²), 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) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 07

Figura 1 - Nesta barragem houve necessidade de serviços de estabilização com ancoragem de seu maciço, utilizando-se cabos protendidos. Adicionalmente, foram feitos serviços de impermeabilização por injeção, através de furos verticais paralelos, de resina hidroexpansiva PH FLEX SUPER. Veja a saída da espuma ao longo das juntas de concretagem da barragem.

ESTABILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS COM ANCORAGENS PROTENDIDAS NO SOLO.

O QUE TODO PROJETISTA DEVE SABER.



Figura 2 - O paramento da barragem antes do serviço.



Figura 3 - Cabos de protensão posicionados e furos adjacentes para injeção do PH FLEX.

ANÁLISE



Carlos Carvalho Rocha

Fundamentos V

Patologias das Construções

Muitas estruturas leves como torres e até de peso, como barragens, podem ficar sujeitas a perigosas forças horizontais, provocadas pela água, solo e o próprio vento. Uma maneira de resolver este problema é aumentar seu peso ou suas dimensões, quase sempre inviável pelo próprio custo que isto importa. A solução está na ancoragem vertical feita no próprio solo. Casos típicos de barragens com problemas de estabilidade, seja pelo fato de serem antigas e não satisfazerem as exigências atuais de segurança ou mesmo pelo fato da necessidade do aumento do nível d'água do lago são casos típicos.

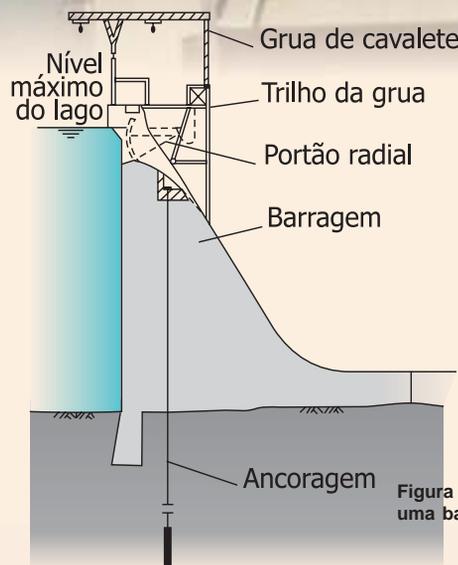


Figura 4 - Esquema da ancoragem com cabos protendidos em uma barragem.

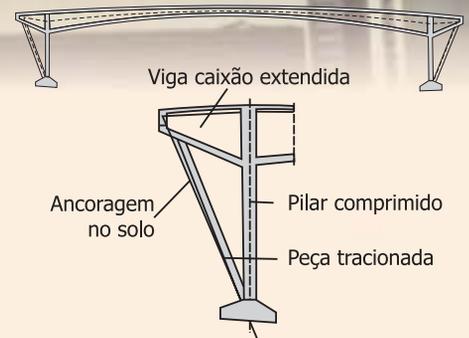


Figura 5 - Reforço aplicado em uma viga contínua, utilizando-se dimensionamento com conseqüente deformação.

ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO DESPROTEGIDOS?



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, sofrerão corrosão, tanto nas armaduras quanto em cabos de protensão. **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 complementos.

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 08

As exigências para dimensionamento e implementação quase sempre são baseadas nas diretrizes da Fédération Internationale de la Précontrainte (Recommandation for Acceptance and Application of Post-Tensioning Systems).

Por outro lado, as recomendações para ancoragens feitas em solos e rochas do Post-Tensioning Institute (PTI) também são uma valiosa consulta para o técnico ou engenheiro projetista. Todos os detalhes necessários para o dimensionamento com base no PTI poderão ser obtidos, gratuitamente, no Instituto de Patologias da Construção.

O grande problema a ser combatido

Todo e qualquer sistema de protensão a ser feito no solo ou rocha deverá ser obrigatoriamente protegido contra a corrosão. O tipo e a quantidade de proteção basear-se-á não só no tempo de serviço desejável para a estrutura mas, obrigatoriamente, também na agressividade do ambiente (solo ou rocha), nas consequências pertinentes ao rompimento dos cabos, nos custos de sua vida útil e nos métodos de instalação.

Agressividade do ambiente

A simples observação das condições atmosféricas do local e/ou a presença de indústrias próximas poderá já dar uma dica. No entanto, a obtenção de alguns resultados será suficiente para confirmar sua agressividade. Veja o box ao lado.

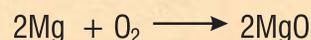
GLOSSÁRIO

PRO – potencial de redução oxidação do solo (ou potencial redox) é o potencial de um eletrodo inerte de platina em relação a um eletrodo de cobre-sulfato de cobre. Indica a capacidade de oxidação ou redução de um solo.

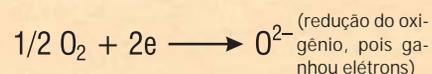
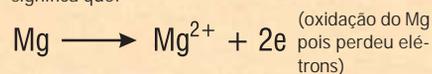
Oxidação – é a perda de elétrons para uma espécie química.

Redução – é o ganho de elétrons por uma espécie química.

ex.: veja a reação de combustão do magnésio



significa que:



Parâmetros da agressividade do solo

pH do solo menor que 4,5*	Este teste pode ser feito com o STICK de modo a atender a norma AASHTO T289, "determinação do pH do solo para medir-se a corrosão". Para o caso de rocha, medir-se-á o pH da água subterrânea na região de ancoragem.
Resistividade do solo deverá ser maior que 10.000 ohm-cm*	Qualquer serviço de ancoragem no solo/rocha exige o conhecimento da menor resistividade, de acordo com a norma ASTM G57. "Método padrão para obtenção, no campo, da resistividade pelo método dos 4 eletrodos Wenner". O medidor de resistividade TR atende a norma. As amostras deverão ser retiradas das várias camadas do solo onde será feita a ancoragem.
Sais de sódio, cloretos, sulfetos e sulfatos no solo, rocha ou na água subterrânea	A norma AWWA C105, procedimentos para pesquisa do solo e sua interpretação, de modo a se determinar se haverá ou não necessidade de encamisamento com polietileno, informa como determinar os sais sulfetos. O simples cheiro de ovo podre indica a presença de sulfatos no solo ou na água subterrânea. A norma AASHTO T290 dá as dicas para a determinação do teor de íons sulfatos solúveis em água presentes no solo" e informa que teores superiores a 0,10% tornam o solo extremamente nocivo ao cimento portland tipo I. Teores entre 0,2 e 2% dever-se-á utilizar o cimento tipo II. Para teores superiores a 2%, dever-se-á utilizar o cimento tipo V.
A variação do lençol freático	Influencia a natureza do processo de corrosão, já que determina a velocidade do transporte de oxigênio no solo. Nos solos permanentemente saturados prevalecem condições anaeróbicas.
Presença de água salgada ou solo pantanoso*	São ambientes intrinsecamente nocivos ao aço.
O solo deverá ter um potencial redução-oxidação (PRO) maior que 400 milivolts	O PRO é uma indicação do poder oxidante ou de redução do solo.
Presença de ácido húmico em solos orgânicos*	Como qualquer ácido é fator desencadeador de corrosão no aço.
Presença de bactérias	Solos com pH e PRO favoráveis desenvolvem bactérias reductoras de sulfatos e produtoras de ácido.
Presença de lixo industrial*	ambiente intrinsecamente corrosivo.
Presença de correntes vagabundas	Havendo fontes de correntes vagabundas na área, dever-se-á investigar. Linhas de transmissão de corrente contínua, estações geradoras de energia, estradas de ferro, empresas que trabalhem com soldas e equipamentos de transporte de minas são fontes de correntes vagabundas. Sua confirmação exigirá banha de polietileno em todo o cabo de protensão, inclusive cobrindo as juntas, de modo a impedir a ocorrência de pilhas de corrosão no aço promovida pela corrente vagabunda. Dever-se-á testar o seu isolamento elétrico antes da injeção. A resistência elétrica entre o cabo e o solo/rocha deverá ser menor que 0,1 mega ohm. A banha de plástico oferece resistência > a 100 mega ohm.

*** Torna obrigatória a instalação de proteção catódica junto à cabeça da ancoragem com anodos tipo TERRA ANODO G além da injeção com calda de cimento.**

A corrosão no aço da construção

A corrosão que ocorre no concreto armado-protendido depende de fatores ambientais que intervêm no local onde está a estrutura. Ambiente, estrutura e o próprio homem passam a ser os responsáveis pelas pilhas galvânicas ativo-passivas que se alojam na superfície do aço, desencadeadas tanto pela própria estrutura metalúrgica da liga aço, quanto pela ação "reparadora" de filmes descontínuos aplicados na superfície do aço, com o intuito de "inibir a corrosão". Entre elas está a pilha de concentração, que opera com o mesmo mecanismo das macropi-

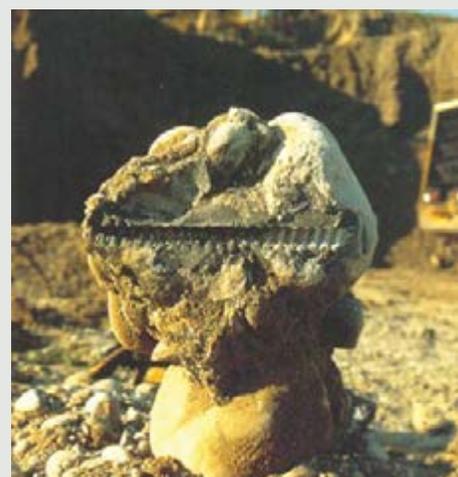


Figura 5 - O contato do aço da barra/cabo de ancoragem com o solo é cheio de heterogeneidades.



Figura 6 - Situação típica de ancoragem da fundação de torres de transmissão: necessidade de proteger os diversos tipos de aço e seus diferentes potenciais de corrosão: Proteção Catódica com TERRA ANODO G

Ihas e também é freqüentadora assídua das obras de concreto armado-protendido. A pilha de concentração é regulada pela notoriedade do concreto em absorver líquidos e o próprio oxigênio que batem à sua superfície, adentrando por sua fabulosa rede de capilares. Uma vez lá dentro, convergem para uma determinada região, na superfície do aço, estabelecendo aí potenciais de corrosão proporcionais à concentração com que o fluido se deposita.



Figura 7 - A presença de água (ácida?) na rocha/solo é crítica para todo o sistema de ancoragem: corrosão.

A CORROSIVIDADE DO SOLO/ROCHA

Corrosividade*	Resistividade (Ωcm)	Potencial redox (PRO) (Semi-Pilha CPV-4) Milivolts
Muito corrosivo	<700	<100
Corrosivo	700 – 2000	100 – 200
Moderadamente corrosivo	2000 – 5000	200 – 400
Não corrosivo	> 5000	> 430 para argilas

* Na ausência de testes, dever-se-á tomar amostras do solo e da água freática para análises químicas, de modo a se poder julgar sua agressividade.

STICK
O MEDIDOR DIGITAL DE BOLSO

O STICK mede o pH da superfície do concreto, sua condutividade elétrica (resistividade) e o potencial de redução oxidação (PRO). Tudo isso trocando apenas o eletrodo de sua ponta. Sua versatilidade permite também medir estas mesmas funções em solos e na própria água. Não perca mais tempo.

STICK
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 09

Precisamos aceitar que o aço, como toda liga metálica em contato com uma solução, possui seu próprio potencial de corrosão. Quando o aço se liga a outro metal há, naturalmente, uma diferença de potencial, o que gera uma pilha galvânica com direito a anodos e catodos. A série galvânica evidencia bem esta importante questão. Outro aspecto interessante, relativo às pilhas galvânicas, é o efeito das áreas anódicas e catódicas. Ou seja, a presença de grandes áreas de catodos em relação às de anodos deverá sempre ser evitada, já que a corrente galvânica concentra-se nas áreas menores, acelerando a perda de seção do aço pela corrosão. É o que ocorre na prática com o “tratamento da corrosão” à base de pinturas epóxicas (ricas em zinco!!) sobre as superfícies das armaduras. Qualquer defeito na pintura torna-se um pequeno anodo e a



Figura 10 - O uso de barras de fibra de carbono em terrenos suspeitos é cada vez mais comum.

coisa complica. Outra característica peculiar ao ataque das pilhas galvânicas é o fluxo da corrente atuante na pilha que, rigorosamente, é proporcional a velocidade com que a área anódica se desintegra. Dividindo esta corrente galvânica (medida com amperímetro) pela área anódica, ter-se-á a desejada densidade de corrente que representa a velocidade com que a corrosão (desintegração) atua. O ataque das pilhas galvânicas é

GLOSSÁRIO

- Soluto** – produto que se dissolve em um solvente. Atentar para sua espécie.
- Solvente** – material que dissolve o soluto. O mais comum é a água.
- Fluido** – substâncias líquidas e gasosas. Corpo que toma a forma do local pelo qual adentra.
- Polarização** – é a mudança do potencial de circuito aberto da armadura (em seu estado original de corrosão) pela introdução de uma corrente estranha através da instalação de proteção catódica com pastilhas ou telas galvânicas.
- Concentração** – é a maneira de expressar a proporção existente entre as quantidades de soluto e solvente ou, então, as quantidades de soluto e solução. É o cociente entre a massa do soluto (em gramas) e o volume da solução (em litros). Não confundir concentração com densidade. Esta última é o cociente entre a massa da solução e o volume da mesma.

medido, então, pela densidade da corrente presente no anodo que, por sua vez dependerá da polarização atuante, da situação



Figura 8 - A presença de qualquer abertura de trinca põe o fluido em contato com o aço, ao mesmo tempo em que altera a alcalinidade da calda endurecida.



Figura 9 - Sistema de ancoragem bastante utilizado em estabilização de barragens, fundações etc. O aço precisa de proteção contra a corrosão. Qual a sua opção?

MEDIDOR DE RESISTIVIDADE DO SOLO



TR-SR2

O medidor de resistividade do solo SR-2 é altamente preciso e muito fácil de usar. Projetado para uso com 2 ou 4 pinos (Wenner) para medir a resistência do solo. Com seu display digital nos fornece uma fácil leitura dos dados e é ajustado em escala ohm.

TR-SR2
 Tele-atendimento
 (0XX21) 3154-3250
 fax (0XX21) 3154-3259
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 10

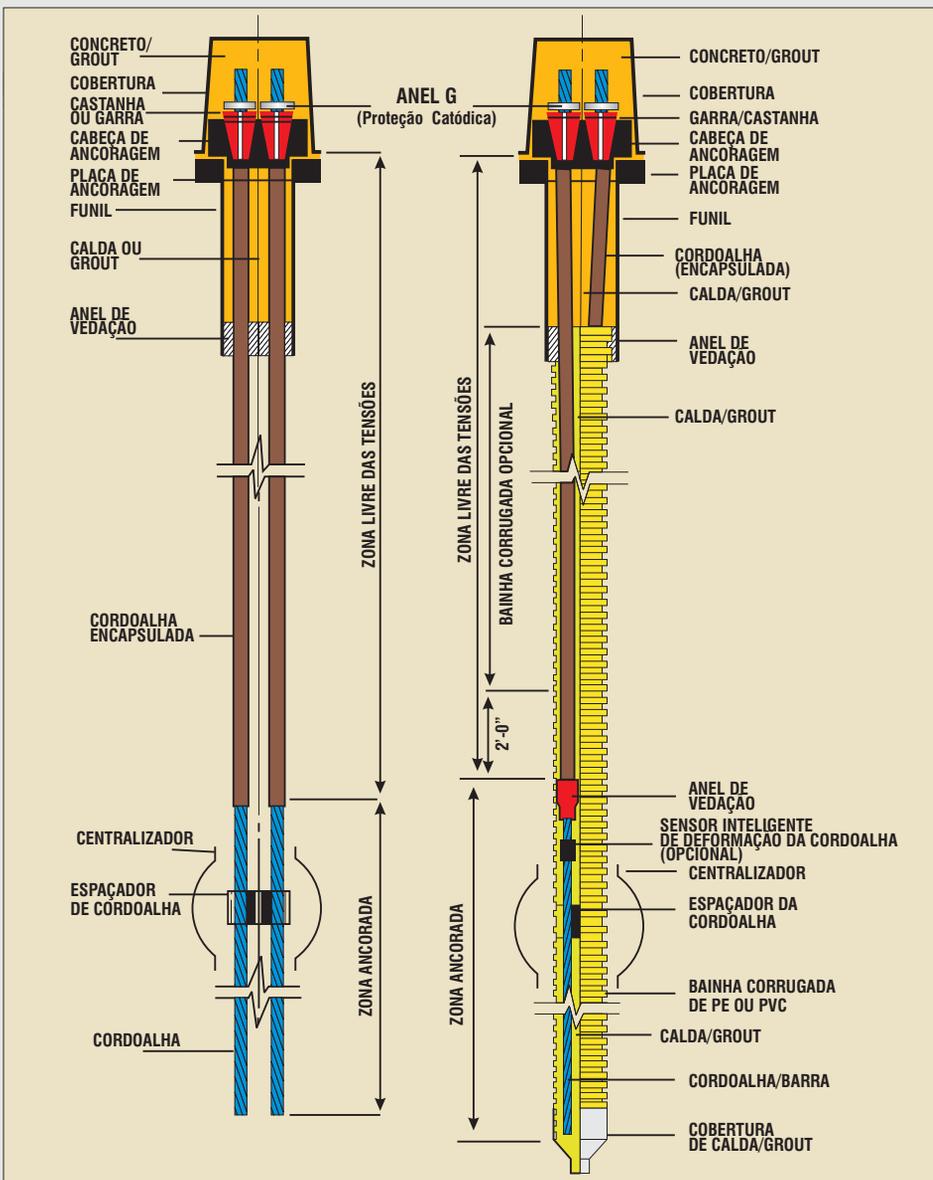


Figura 10 - Tipo de tirante provisório e definitivo.

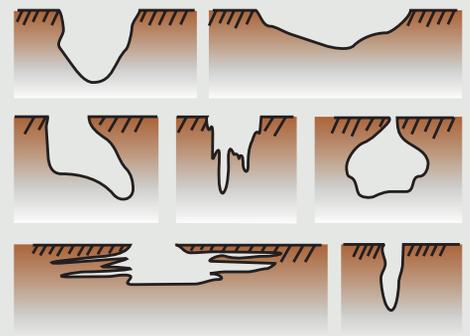


Figura 11 - Várias formas de pites, segundo a ASTM na superfície de uma barra de aço.

condutiva presente nos poros ou da difusão com que o oxigênio adentra no concreto e nas superfícies envolvidas, através da relação entre as áreas catodo/anodo. Infelizmente, o aço de protensão possui em seu currículo uma outra forma de corrosão, sinistra e também muito freqüente. É a Corrosão sob Tensão Fissurante (CTF), causada pela associação das altas tensões de tração a que se submete o aço e a presença de pilhas macrogalvânicas localizadas. A patologia mais característica é a formação de corrosão puntiforme ou pites, cavidades com fundo em forma angulosa e profundidade geralmente maior que seu diâmetro. Seu fundo, como não poderia deixar de ser, é um perigoso anodo, que cada vez mais se aprofunda, em consequência das altas tensões de tração ali atuantes, as quais estabelecem fissuras cada vez maiores, notadamente perpendiculares às tensões. O resultado quase sempre é catastrófico.

ANÉIS E ESPAÇADORES G

é Proteção Catódica

A RESPOSTA CERTA CONTRA A CORROSÃO DE BARRAS E CORDOALHAS

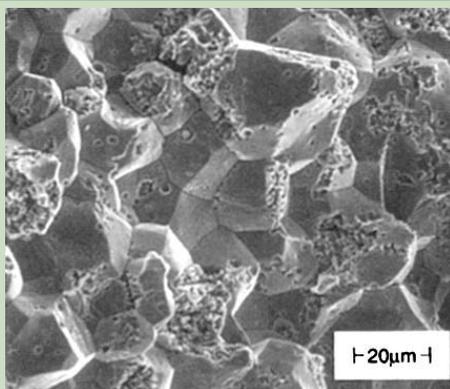
ANÉIS E ESPAÇADORES G
 Tele-atendimento (0XX21) 3154-3250
 fax (0XX21) 3154-3259
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 11

ESPAÇADOR G (permite a passagem da calda)

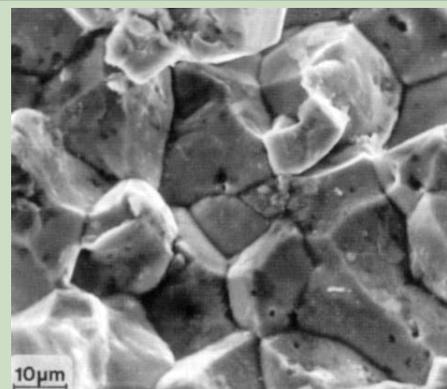
ANEL G

O fio da meada

Um metal quimicamente puro e rigorosamente homogêneo não pode corroer. O aço da construção está longe de ser um metal quimicamente puro, pois é uma combinação de ferro (cerca de 96%) e carbono, contendo ainda outros metais e não metais como o silício, enxofre, fósforo, magnésio, manganês etc. Vamos lembrar. Ao sair do alto forno e depois de sofrer vários tratamentos para torná-lo utilizável na construção. O ferro, ao esfriar, cristaliza em grãos com dimensões variáveis, ligando-se ou soldando-se uns aos outros, formando um conglomerado. Para a fabricação do aço comum, bem trivial, sem outros elementos que possam conferir características nobres, ou seja, apenas com quantidade de carbono inferior a 0,8%, poder-se-á encontrar grãos de ferro praticamente puros (ferrita) e grãos de ferro combinados ao carbono (cimentita), além das combinações de ambas (perlita). O carbono promove uma certa proteção à liga aço formada, fazendo com que a cimentita funcione como catodo em relação a ferrita. Assim, o aço, em sua concepção mais pura, já é uma bomba relógio contendo em seu bojo micro-pilhas que ao simples contato com o ar úmido são ativadas, desencadeando corrosão. À medida que sua fabricação fica sofisticada, sofrendo trabalhos mecânicos de modo a torná-la mais resistente, as regiões que sofreram estiramentos tornam-se anódicas em relação às regiões comprimidas. A simples presença de umidade interligando estas duas regiões é suficiente para ativar este tipo de pilha e iniciar a corrosão. Estas são as causas fundamentais da corrosão no aço. No entanto, na prática, surgem outras formas de corrosão em consequência da combinação com diferentes influências, umas inerentes ao meio e outras resultantes de estágios mais sofisticados de fabricação e de utilização do aço, conferindo-lhe tensões residuais uniformes são mais severas, como é o caso do aço protendido. Uma vez inserido no interior do concreto, fica sujeito a dois mecanismos (pilhas) bem específicos de corrosão. O primeiro tipo de pilha é formado por concentrações desiguais, como é o caso de uma mesma barra atravessar dois tipos de concreto com alcalinidades (pH) diferentes ou com soluções (água?) apresentando concentrações desiguais. O contato do concreto com várias camadas de solo e, conseqüentemente, com a água freática é caso típico. O segundo tipo de pilha, desenvolvido no aço do concreto, é a provocada pelas diferentes concentrações (aeração) de oxigênio que atravessam a camada de recobrimento de forma desigual, originando pilhas de corrosão ao longo das barras.



Corrosão sob tensão fraturante intergranular (CST) em aço submetido a uma solução quente de nitratos e, posteriormente, limpa com solução de HCl. O aço, submetido à tensão de tração, começa a desenvolver fissuras/trincas, através das quais adentra o contaminante e expõe ainda mais as superfícies dos grãos que corroem.



CST intergranular de amostra de aço extraído de uma barra de ancoragem. Repare que o aço é um aglomerado de grãos.

Partes das barras mais aeradas tornam-se áreas catódicas e as partes menos aeradas viram anódicas, abrindo mão de sua seção que, literalmente, é comida pela corrosão.

Tudo o que foi explicado acima é aplicado ao aço especialmente fabricado para ser protendido. Mas, o aço protendido encontra-se permanentemente sob tensão elevada, mais próxima da tensão de ruptura que a do concreto armado. O alongamento da barra dilata as órbitas dos elétrons, convidando-as a sair, o que induz corrosão. Sua reatividade química fica exacerbada. Como é comum utilizar-se fios e barras de pequeno diâmetro, qualquer sintomazinho de corrosão, digamos num fio de 5mm de diâmetro pegando apenas 1mm de sua profundidade significa uma diminuição em sua área de 36%, enquanto que este mesmo sintoma numa barra com 25mm de diâmetro representa apenas cerca de 7%. É o fenômeno da corrosão sob tensão, típica do concreto protendido.

Características da proteção

Toda e qualquer proteção por barreira feita em cabos e barras deverá evitar intrusão de líquidos e gases em torno do aço. As características desejadas da proteção, teórica-

mente, deverão ser as mesmas para todas as regiões da ancoragem. No entanto, na prática, há tratamentos diferenciados tanto para o comprimento chumbado ou aderido, como para o comprimento livre assim como para a cabeça da ancoragem. A proteção por

barreira inclui a pintura em uma ou duas mãos durante a fabricação do cabo. O grout ou calda injetada na obra, por estranho que pareça, não faz parte do sistema de proteção, exatamente pelo fato de que sua qualidade e integridade não são asseguradas. Sua



O assassino da Reatividade Alkali-Silica (RAS)



Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 12



Figura 12 - Tirantes auto perfurantes. A proteção contra a corrosão é obrigatória.

alcalinidade, infelizmente, torna-se uma faca de dois gumes, devido às inconvenientes descontinuidades em seu pH, que acabam causando pilhas de corrosão por concentração diferencial. A desejada dutibilidade do material cimentício injetado torna-se missão impossível, na medida em que sua estrutura sofre deformações diferenciadas e começam a aparecer fissuras tipicamente espaçadas de 1 a 10mm assim como sintomas de fragilização do revestimento cimentício. Há informações do uso de fibras sintéticas pulverizadas no grout cimentício com o intuito de controlar as inerentes fissuras e trincas. No entanto, não há evidências no campo que confirmem a teoria. O uso de graxas hidrófobas apresenta muitas limitações e não são consideradas barreiras permanentes:

- Secam como qualquer fluido, surgindo o inevitável processo de retração acompanhado de alterações químicas.
- Fluidos são susceptíveis de vazamentos.
- Fluidos que não apresentam virtualmente resistência cisalhante são facilmente deslocados e acabam fugindo do contato com o aço, tornando nula a proteção.

Graxas não são consideradas como barreiras permanentes, a não ser que sejam periodicamente substituídas ou reniveladas, o que é utópico na vida real. Toda essa instabilidade sobrecarrega a bainha plástica que, na medida que é feita com material reciclado (sujeito a furos) complica de vez a proteção. O dimensionamento de cabos e barras com seção de aço mais avantajada, como é comum, com o intuito de fornecer área de sacrifício ou barreira contra a corrosão não é boa estratégia, já que a corrosão raramente se desenvolve de maneira uniforme sobre a superfície do aço. Ao contrário, é pródiga em ocorrer, rápida e preferencialmente em pites localizados ou nas irregularidades superficiais. Qualquer sintoma de pite em superfícies de aço de protensão deverá ser imediatamente rejeitado. O uso de proteção catódica por corrente galvânica, ou seja, com a introdução de anodos de sacrifício, particularmente na cabeça da ancoragem e até no comprimento livre (não aderido) é bastante adequada.

Na próxima edição, dando continuidade a fundamentos, apresentaremos todos os ti-

pos de proteção utilizados no comprimento livre e no comprimento aderido do cabo, assim como na cabeça de ancoragem.



fax consulta nº 13



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Fundamentos.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é Engenheiro Civil, especialista em serviços de recuperação.
- Fédération Internationale de la Précontrainte. Inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures. Thomas Telford, London.
- Rabe D. Die Unterhaltung von Stahlbeton- und Spannbetonbrücken. Bauingenieur.
- Standfuß F. Schäden an Straßenbrücken - Ursachen und Folgerungen. Str. Autobahn.
- Voss W. Bauwerksschäden und ihre Ursachen. Betonwerk Fertigteiltechnik.
- Organisation de Coopération et de Développement Economique. Remise en état et renforcement des ouvrages d'art. OCDE.
- Teyssandier J.P. Lessons from observation of existing bridges. Bull. Inf. Com. Eur. Béton, No. 163, 45-143.
- Matousek M. and Schneider J. Untersuchungen zur Strukturdes Sicherheitsproblems bei Bauwerken. Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag, Basel and Stuttgart.
- 50 Jahre Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. Schweizer Baubl., No. 85.
- Jungwirth D. et al. Dauerhafte Betonbauwerke. BetonVerlag, Düsseldorf.
- Fédération Internationale de la Précontrainte. Stress corrosion of prestressing steel. FIP.
- Tuutti K. Corrosion of steel in concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm.



Grupo Falcão Bauer

Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

bauer@falcaobauer.com.br

Qualidade Presente Garantindo o Futuro

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

Retração II

Pisos de concreto sem trincas?

Pisos bem feitos precisam ser programados com relação aos efeitos da retração.

ENTENDA TODOS OS SEGREDOS DO FENÔMENO DA RETRAÇÃO, QUE ACONTECE EM PISOS DE CONCRETO, PARA MINIMIZAR AO MÁXIMO AS CONSEQUENTES TRINCAS E FISSURAS.

ANÁLISE

Filomena
Martins Viriato

Na edição anterior mostramos o fenômeno da retração e suas causas. A questão agora é como preveni-la.

Obras importantes exigem concreto pronto. Sem o conhecimento de todos aqueles dados que caracterizam uma boa dosagem e que, na maioria das vezes não temos, sem o conhecimento das condições do tempo no dia do lançamento, tudo que poderemos dizer para o dono da obra é que haverá retração no concreto e, conseqüentemente,

trincas. Exatamente pelo fato de que as tensões de retração, em algum instante, tornar-se-ão maiores do que a própria resistência à tração do pseudo sólido chamado concreto. Alguns dados relevantes que ajudam a limitar ou mesmo prevenir a retração são:

- Quantidade d'água e pasta de cimento, além da composição do cimento e sua finura.
- Limpeza completa dos agregados.

- A relação volume/superfície da peça a ser concretada (para o caso de peças estruturais).
- Todos os bloqueios ou tudo que possa impedir a retração.
- Controle total (histórico) da umidade relativa e da temperatura do local de lançamento. O inspirado comitê 209, do American Concrete Institute, sugere que toda a retração acumulada pelo concreto produzirá um valor médio de 25mm de encurtamento para cada 30 metros de estrutura formada. Afir-

A MELHOR PENETRAÇÃO



Com viscosidade igual a da água, o **METACRILATO** preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura existente em pisos e pavimentos com até 0,05mm de abertura. Basta verter o produto. O **METACRILATO** também monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. É só fazer um pequeno furo na parte superior da peça e verter o produto com a ajuda de um pequeno funil. Não fique perdido no tempo das injeções.

METACRILATO
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 14



O calafetamento das juntas serradas (controle) com epóxi semi-rígido é obrigatório, de modo a impedir o fraturamento de suas bordas.

As tensões de retração em algum instante tornar-se-ão maiores que a própria resistência a tração do concreto.

ma ainda que com todos os fatores que condicionam a velocidade da retração, metade dela poderá ocorrer num período de meio mês a seis meses.

Agregados de alta qualidade não apresentam mudança de volume significativa quando molhados e, a seguir, secados. No entanto, com toda aquela quantidade de fi-

nos presentes em centrais de concreto mal cuidadas, a coisa muda e já passam a interferir na retração. Extrapolando, fica claro que, quanto menor o agregado introduzido no concreto, maior o volume de pasta necessária. E pasta é sinônimo de retração. Assim, em concretos com pedra zero e areia siltosa obtém-se melhor trabalhabi-

lidade, no entanto, maior poder de retração. Os overlays (veja RECUPERAR nº 48) empregados em restaurações de pisos são campeões de retração, devido ao duplo efeito combinado do emprego de baixo fator A/C e agregados diminutos, razão pelo qual há a necessidade do uso de aditivos para minimizar a retração.

Esta é a tecnologia de melhoramento para cicatrizes, usada por grandes cirurgiões plásticos.



Restituir monoliticidade de fissuras, trincas e fraturas em pisos e pavimentos, com discrição, discernimento e total compatibilidade virou atividade de cirurgião plástico? Claro que não! Apenas apresentamos a tecnologia do CRACK SOLUTION EPOXY 36, que monolitiza trincas e fissuras com o mesmo nível de tensões existente no concreto base, de maneira rápida, discreta e 100% eficiente, utilizando o princípio científico dos epóxis semi-rígidos. Ah, sim, e você não precisa ser cirurgião plástico para utilizá-la.

EPOXI 36
Tele-atendimento (0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 15



Juntas de dilatação. Fator importante em todo o piso. O correto posicionamento e preenchimento garantirá o perfeito funcionamento das placas.

GLOSSÁRIO

Exsudação – líquido aquoso ou na forma de gel viscoso liberado para a superfície do concreto recém lançado. É motivada pela impossibilidade que apresentam os materiais constituintes do concreto de manterem sua água comum dispersa na massa.

Água evaporável – é a água disponível presente nos capilares da pasta de cimento durante sua pega.

Como podemos interferir na secagem?

Retração plástica e retração por secagem baixam seus taxímetros tão logo a superfície do concreto começa a secar, ou seja, quando a velocidade de evaporação da água excede a velocidade de exsudação da massa. Neste particular, os concretos de alta performance são tremendamente vulneráveis a trincas de retração plástica. É preciso entender que as tais características exigidas para dar impermeabilidade ao concreto serão as mesmas que irão depor contra ele quando do processo de exsudação da massa. Antes da superfície do concreto fresco iniciar a secagem, uma baixa velocidade de exsudação significa baixa tolerância para a evapora-



Refundações sem Complicações?

- *Compaction Grouting*
- *Permeation Grouting*
- *Jet-Grouting*

tel.: (21) 3154-3253

engegraut@engegraut.com.br
www.engegraut.com.br

ENGEGRAUT

G E O T E C N I A

Tecnologia em Grouting
Este é o nosso diferencial.

Como evitar as trincas da retração

Reduza todas as possibilidades de retração na massa utilizando:

- Agregado graúdo.
- Mais agregados.
- Cimentos que compensam retração.
- Cimentos de baixa retração química.
- Baixa quantidade d'água.
- Baixo slump.
- Agregados limpos.
- Agregados isentos ou de baixa retração.
- Aditivos que reduzem a retração.



Detalhe para a criação de fogs no local da concretagem. Acople a mangueira d'água à mangueira de um pequeno compressor de ar.

Interfira nas condições ambientais da obra

- Promova sombra no local.
- Espere até o entardecer.
- Espere até que a umidade relativa do ar suba.
- Utilize hidrojateamentos para cima, criando fogs.
- Utilize redutores de evaporação.
- Faça curas intermediárias.
- Use e abuse da cura inicial.
- Insista com a cura final.

ção. Para impedir a retração prematura e aquele indesejável fissuramento causado pela secagem é necessário quebrar o

vento, fazer sombra, utilizar redutores de evaporação, fazer hidrojato para o ar, seguindo-se a aplicação de películas de

cura imediatamente após a última passada da acabadora mecânica. Imediatamente após a obtenção da pega inicial, a briça será mais feia e sempre exige maiores cuidados.



fax consulta nº 16



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Pisos de Concreto.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Filomena Martins Viriato é engenheira civil, especialista em serviços de recuperação.
- Kelley, E.F. "applications of the results of research to the structural design of concrete pavements".
- Kanare, H.M. "Understanding concrete floors and moisture issues". Portland cement association.
- Gilbert, R.I. "Shrinkage cracking in fully restrained concrete members". ACI Structural Journal.
- Garber, G. "Design and construction of concrete floors".
- Butt, Thomas K. "Avoiding and repairing moisture problems in slabs or grade".

Junta Evazote

JUNTA EVAZOTE é resistente à ação mecânica e química. Ideal para ser aplicada em todo tipo de juntas de dilatação, tanto de pontes como de edificações. Trata-se de uma borracha extremamente resistente ao tempo e ao desgaste abrasivo, sendo totalmente impermeável, formada com copolímeros de polietileno de baixa densidade e acetato de etileno vinílico.



100% atóxica, pode ser usada em contato com água potável.

JUNTA EVAZOTE

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 17

Carga Pesada III

OU O QUE TODO PROJETISTA DEVE SABER SOBRE SUBLEITOS E SUB-BASES PARA DIMENSIONAR PISOS INDUSTRIAIS.



Figura 1 - Piso com carregamento intenso. A existência de solo mole na sondagem deverá ser motivo de análise e tratamento cuidadoso, de modo a cortar futuros recalques.

ANÁLISE



Carlos Carvalho
Rocha

Na edição passada apresentamos informações sobre a necessidade da uniformidade para subleitos e a sua importância.

Capacidade de carga admissível ou tensão admissível, assim como compressibilidade e módulo de reação do subleito são algumas das características que associam resistência à deformação de um solo. Torna-se importante saber como estes parâmetros

entram no dimensionamento de um solo com vistas a suportar pisos ou pavimentos.

A tão desejada capacidade de carga admissível ou tensão admissível de um solo é a máxima tensão que se pode aplicar sobre o solo de fundação, com adequada segurança contra a rutura e a ocorrência de recalques. Poder-se-á encontrá-la com os seguintes procedimentos:

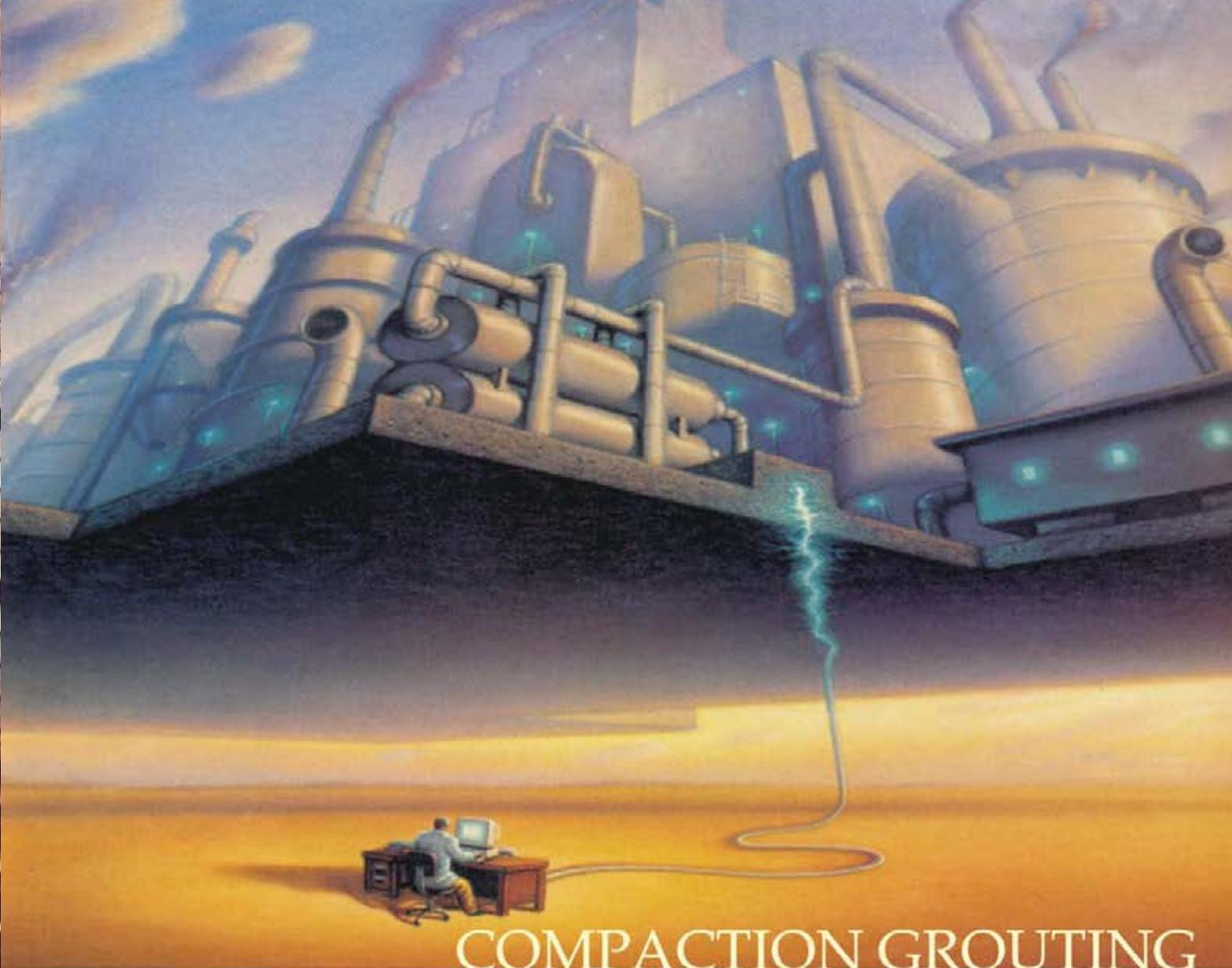
Continua na pág. 32.

GLOSSÁRIO

Compressibilidade – propriedade de um solo quanto a sua susceptibilidade à diminuição de volume sob o efeito de uma carga, que pode ser externa ou interna.

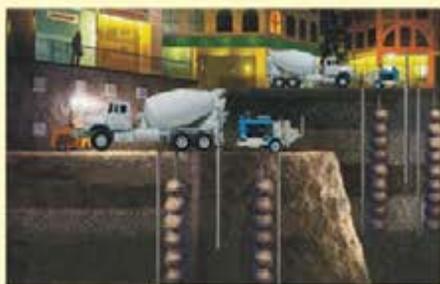
Capacidade de carga admissível ou tensão admissível que um solo pode suportar. Leva em consideração a tensão máxima, naturalmente associada a um coeficiente de segurança e a possibilidade da ocorrência de recalques.

Capacidade de carga na rutura ou tensão máxima – é a tensão que faz o solo romper por cisalhamento.



COMPACTION GROUTING

Fique ligado na maneira mais moderna e eficiente de tratar problemas de fundação em indústrias, sem causar paralizações.



Com Compaction Grouting você interrompe e estabelece todos os problemas de recalques e desnivelamentos sem qualquer interrupção na operação industrial. Nada de grandes mobilizações, perda de tempo e entulhos.

Apenas Compaction Grouting.

COMPACTION GROUTING

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 29

- Testes de resistência ao cisalhamento em laboratório, utilizando-se amostras do solo: cisalhamento direto, compressão triaxial ou compressão não confinada.
- Testes de campo, genericamente o Standard Penetration Test (o popular SPT) e mais especificamente (principalmente para solos argilosos) o teste de penetração do cone (o CPT).
- Classificação do solo.
- Obtenção da relação umidade-densidade-resistência, geralmente com testes de resistência em amostras de solo preparadas para testes de umidade-densidade.



Para o caso de solos coesivos ou argilosos, dever-se-á considerar uma importante característica associada: sua compressibilidade que informa a quantidade de recalque que o solo poderá suportar, ao longo do tempo, quando submetido a

carregamentos. Nesta altura, o leitor já estará questionando como poderá prever possíveis recalques. O método usual para prognosticar recalques é com testes de consolidação, determinando-se o índice de compressão necessário ao cál-

GLOSSÁRIO

Subleito – solo abaixo da sub-base (opcional) ou sob o piso de concreto. O solo formador do subleito pode ser de emprésimo e, naturalmente recomprimado, ou o próprio solo do local, retirando-se materiais inadequados e compactando-se sua superfície de 15 a 20cm.

Sub-base – camada (opcional) de solo ou material granular posicionado acima do subleito e abaixo do piso de concreto.

culo. Este índice pode ser conhecido através de sua relação com o limite de liquidez do solo.

Uma importante medida da resistência do solo, com vistas ao dimensionamento exclusivo de pisos e pavimentos de concreto é o conhecido módulo da reação do subleito de Westergaard (K) ou simplesmente mó-

Epóxi Novolac 28
o único que resiste à ação química

Teoria da Durabilidade

EPÓXI 28 Novolac

A MAIS AVANÇADA BARREIRA CONTRA A AÇÃO QUÍMICA

Proteja a superfície do concreto contra a ação de ácidos (concentração elevada) e substâncias fortemente alcalinas com EPÓXI 28. Moderníssimo sistema epóxico novolac, made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os melhores epóxios não conseguem suportar.

- ✓ **100% sólidos.**
- ✓ **Odor quase imperceptível.**
- ✓ **Excelente resistência química.**

EPÓXI 28. INIGUALÁVEL.

EPÓXI 28
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 30



Figura 2 - Terreno de um futuro piso de concreto. A existência de solo mole na sondagem exigiu trabalhos de consolidação por Compaction Grouting e Geodrenos. Os drenos previamente fixados após a injeção do grout neutralizam a pressão neutra.

dulo do subleito, também chamado módulo K. Como se poderia imaginar, não há uma relação segura ou confiável entre as propriedades do solo já citadas ou seja, entre o importante módulo K, a desejada capacidade de carga e a misteriosa compressibilidade. O módulo K, utilizado no dimensionamento de pisos e pavimentos, reflete a reação do subleito, com deflexões que não

passam de 1,5mm, quando carregado de forma elástica e rápida. A capacidade de carga e a compressibilidade do solo, geralmente requisitadas para informar ou prognosticar recalques e a resistência do solo para fundações de edificações, captam deformações totais, inelásticas e permanentes do subleito, chegando a ser da ordem de 50 vezes as obtidas com o módulo K! No



Figura 3 - Ensaio de placa.

entanto, as tensões e as deflexões elásticas a que ficam submetidos pisos e pavimentos de concreto são muito bem captadas e compreendidas com a obtenção do módulo K do subleito. É, portanto, uma excelente ferramenta para diagnosticar e dimensionar tensões em pisos e pavimentos. Pelo andar da carruagem já se percebeu que o módulo K não informa ou não é sensível aos efeitos de uma camada de solo mole, porventura existente sob o subleito. Evidentemente, se o piso ou pavimento for dimensionado para grandes depósitos, tanques etc, o módulo K ficará sem pai nem mãe, razão pela qual dever-se-á levantar as possíveis tensões e os conseqüentes recalques, de modo a se prognosticar possível rutura do solo acompanhada dos indesejáveis movimentos para baixo. Para o caso de pequenos carregamentos, geralmente rodas de veículos e outras cargas leves de tráfego, as pequenas tensões produzidas pela placa de concreto no solo serão perfeitamente absorvidas. O módulo K, como já se informou, é obtido com a prova de carga feita com o ensaio de placa, executado sobre o subleito compactado (ou sub-base, caso seja aplicada).

Os procedimentos para o ensaio de placa estão todos na norma ASTM D1196 “Método padrão para prova de carga estática e não repetitiva para solos e pavimentos flexíveis, com o uso de placas de diversos diâmetros, objetivando-se avaliar e projetar pavimentos de aeroportos e rodovias”.



Figura 4 - Estacas para cravação e formação dos blocos periféricos que suportarão o futuro galpão. O material granular que comporá a sub-base também já está no campo.

É interessante observar que a norma ACI 360R “Projeto de pisos sobre solos” utiliza apenas diâmetro de placa de 760mm, sendo específica para a determinação do módulo K e é bem mais explicativa. Em síntese, esta norma mostra que a placa de 760mm de diâmetro é carregada para uma deflexão não superior a 1,25mm e o módulo K é encontrado dividindo-se a carga obtida pela conseqüente deflexão, com resultado em tensão por metro, quer dizer MPa/m.

Finalmente, depois de todas as explicações e sem querer murchar a bola de ninguém, somos obrigados a dizer que a prova de carga, com ensaio de placa, está paulatinamente sendo substituída pelo ensaio Califórnia Bearnig Ratio, o popular ensaio Califórnia ou CBR, ou através da própria classificação do solo. Uma estimativa bastante utilizada para o módulo K encontra-se na tabela ao lado.

Estimativa do módulo K			
Tipo de solo	Resistência do subleito	% CBR**	K (MPa/m)
Siltos e argilas com alta compressibilidade* na densidade natural	Baixa	2 ou mais	13,6
Siltos e argilas com alta compressibilidade* na densidade compactada	Média	3	27,1
Siltos e argilas com baixa compressibilidade*			
Siltos arenosos e argilas, siltos com pedregulhos e argilas			
Areias pouco graduadas	Alta	10	54
Pedregulhos, areias bem graduadas, misturas de areia e pedregulho praticamente com ausência de finos			

* Alta compressibilidade, limite de liquidez igual ou maior que 50. Baixa compressibilidade, limite de liquidez menor do que 50. Veja a norma específica para a obtenção do limite de liquidez.
 ** Ensaio Califórnia, ASTM D1883, “Método para o CBR em solos compactados em laboratório”.

Expansão versus plasticidade		
Grau de expansão	% de inchamento	Índice de Plasticidade (IP) aproximado
Não expansivo	2 ou menos	0 a 10
Moderadamente expansivo	2 a 4	10 a 20
Altamente expansivo	Mais que 4	Maior que 20

Uma análise do solo, por mais simples que seja, torna possível o conhecimento de parâmetros que acabam por identificá-lo, particularmente com relação a perigosas mudanças em seu volume.

fax consulta nº 32



RECUPERAR
Para ter mais informações sobre Solos.

www.recuperar.com.br

GLOSSÁRIO

ASTM – American Society for Testing and Materials.
ACI – American Concrete Institute.
Módulo de Reação do Subleito “K” – é o coeficiente de recalque ou a pressão capaz de produzir deformação unitária no ensaio com placa de carga tendo 0,80 metros de diâmetro, método este descrito pela ABCP no dimensionamento de pavimentos rígidos

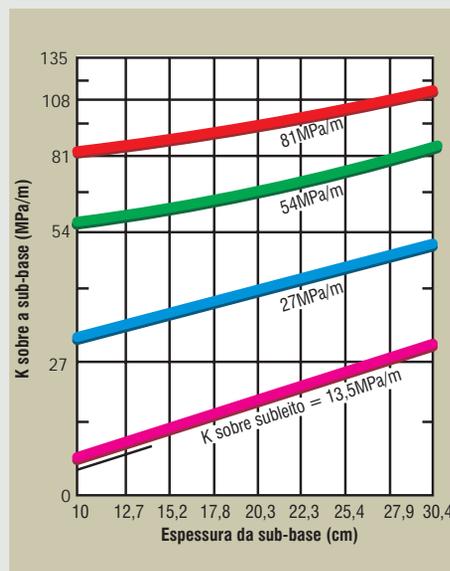
Para o caso de se utilizar sub-bases, com material granular bem compactado, sobre o subleito, certamente aumentar-se-á o módulo K. Em obras com grandes áreas, é desejável executar-se uma quantidade razoável de testes (CBR ou mesmo o ensaio de placa) em pequenas regiões ao longo de toda a área a ser construída

GEODRENO RG
 incomparável para consolidação profunda



Tele-atendimento
 (0XX21) 3154-3250
 fax (0XX21) 3154-3259
 @recuperar.com.br
 Fax consulta nº 31

sobre simulações do subleito/sub-base. Caso não seja viável, uma outra alternativa para a estimativa do módulo K é com a tabela abaixo.



Efeito da espessura da sub-base granular sobre o módulo K.

Na próxima edição, finalizaremos esta interessante matéria, apresentando todas as informações a respeito das sub-bases.

REFERÊNCIAS

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.
- Kanare, H.M., Understanding Concrete Floors and Moisture Issues, CD014, Portland Cement Association, Skokie, Illinois.
- Kelley, E.F., “Applications of the Results of Research to the Structural Design of Concrete Pavements”, Public Roads, Vol. 20, No. 5.
- Kosmatka, S.H., “Floor-Covering Materials and Moisture in Concrete”, Concrete Technology Today, PL853, Portland Cement Association, Skokie, Illinois.
- Kunt, M.M., and McCullgh, B.F., “Evaluation of the Subbase Drag Formula by Considering Realistic Subbase Friction Values”, Transportation Research Record 1286, Transportation Research Board National Research Council.
- Lytton, R.L., and Meyer, K.T., “Stiffened Mats on Expansive Clay”, Journal, Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers.
- Marais, L.R., and Pierre, B.D., Concrete Industrial Floors on the Ground, Portland Cement Institute, Midrand, South Africa.
- Nicholson, L.P., “How to Minimize Cracking and Increase Strength of Slabs on Grade”, Concrete Construction, Hanley-Wood, LLC, Addison, Illinois.