

Cura incompleta.

ENTENDA UM DOS PRINCIPAIS FATORES CAUSADORES DO INSUCESSO DAS PINTURAS DE PROTEÇÃO.

Figura 1 - Poliuréias são tintas de excelente durabilidade, mas necessitam de extremo cuidado em sua preparação e aplicação.

ANÁLISE

Michelle Batista

Qualquer profissional ou empresa, que trabalha com barreiras poliméricas de proteção, sabe que todos os itens pertinentes à preparação do substrato, da tinta, da aplicação e de sua cura deverão ser rigidamente seguidos. Caso contrário surgirá uma série de problemas, culminando com a falência da película a curto ou médio prazo.

No entanto, o que empreiteiras adoram mesmo é embarcar no rabo de foguete do auto conhecimento do processo de cura das tintas de proteção que, na maioria das vezes, subestimadas, dinamitam sua du-

rabilidade e a própria garantia da obra. Este artigo tenta chamar a atenção de engenheiros e técnicos, envolvidos com pinturas industriais ou de proteção, com relação a uma das causas mais comuns de insucesso: cura incorreta da película aplicada.

Cura de película?

Para discutirmos cura é necessário batermos um papo sobre o conceito de peso molecular. Lembrem-se da química? Peso molecular de uma substância tem a ver com seu peso que, por sua vez, está relaciona-

GLOSSÁRIO

Polímeros – materiais com altíssimo peso molecular, formados a partir de pequenas moléculas interligadas por ligações covalentes. Polímeros podem ser feitos com apenas um tipo ou com diversos tipos de moléculas. As propriedades dos polímeros, sejam borrachas, plásticos, fibras ou adesivos são baseadas em seu alto peso molecular e o grande tamanho das moléculas. A ligação entre estas cadeias individuais tem forma volumosa. Cadeia ou rede de unidades repetidas, combinadas quimicamente, formadas a partir de monômeros pela polimerização.

Molécula – é um conjunto de dois ou mais átomos eletricamente neutros, unidos por pares compartilhados de elétrons (ligações covalentes) que se comportam como uma única partícula. Apresenta somente ligações covalentes, formada por moléculas discretas, é chamada de substância molecular cuja ligação suficientemente forte caracteriza-a como uma identidade estável.

Peso molecular – peso de uma molécula obtido pela soma de vários pesos atômicos.

do com o tamanho de sua molécula. A maioria das substâncias químicas que lidamos no nosso dia a dia apresenta moléculas bem pequenas com baixo peso molecular. É o caso do sal de cozinha (cloreto de sódio) que tem peso molecular 58. Por outro lado, as resinas que compõem os aglomerantes



Estruturas de edifícios também gostam de *check-up*

Integridade é questão indiscutível em qualquer tipo de estrutura. O **INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO, IPACON**, proporciona o melhor *check-up* para a estrutura da edificação, do ponto de vista estrutural, funcional e da análise física, química e eletroquímica do concreto. Possui o mais atualizado *staff* técnico do *repairbusiness*. Seja exigente. Opte pela arte das técnicas de diagnóstico. Algumas atividades:

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

Solicite o **IPACON**.

Engenharia Diagnóstica



IPACON

Instituto de Patologias da Construção

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

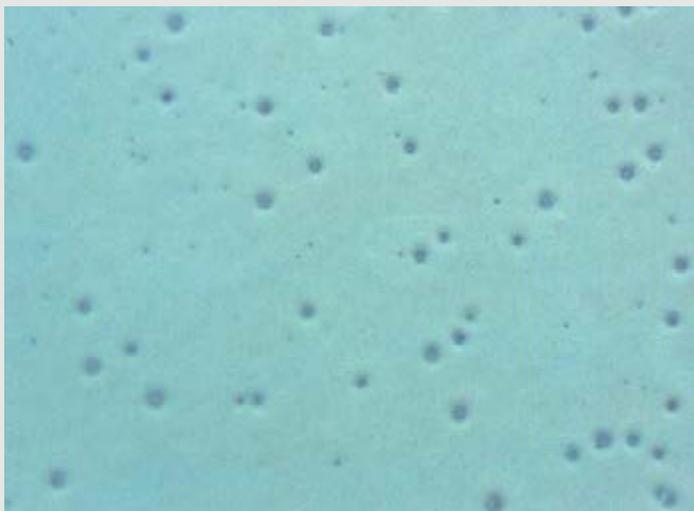


Figura 2 - Incisões provocadas em uma película de tinta causada pela adição de solvente inadequado à formulação.



Figura 3 - Bolhas provocadas pelo solvente da formulação da tinta, que tenta evaporar e não consegue: formam-se bolhas do solvente. Muito comum quando se utiliza uma tinta, com solvente mais forte, sobre uma tinta de baixa resistência.

das tintas apresentam tamanhos de moléculas e pesos moleculares do tamanho de um King-Kong, ou seja, extremamente grandes. Para se ter uma idéia, algumas resinas acrílicas, que compramos diariamente, têm peso molecular superior a 100.000.

Este movimento orquestrado de resinas tamanho GG divide-se em termoplásticas (um exemplo comum é o látex acrílico utilizado em fachadas, cuja secagem e cura estão condicionadas à evaporação da água solvente) e as resinas termo-estáveis que também podem secar e curar pela evaporação do solvente. Estas últimas, no entanto, continuam a curar através de reações químicas, como por exemplo, entre um agente endurecedor

como uma poliamida e o outro componente uma resina epóxica.

Os poliuretanos curados à umidade são outro exemplo das resinas termoestáveis e seu complexo processo de cura química. O motivo é muito simples: além do comporta-

mento diferenciado dos dois componentes, existe um terceiro componente chamado umidade relativa, para promover interligações necessárias à cura da pintura. Nesta altura do campeonato já deu para perceber o quão é complexa a cura das resinas ter-

GLOSSÁRIO

Interligações (cross-linking) – união, por ligação química, de moléculas poliméricas filiformes. A interligação resulta na criação de uma cadeia estruturada, impedindo o livre movimento de longas moléculas em relação a cada uma delas. A vulcanização da borracha é causada pela interligação de longas moléculas de borracha.

Epóxi – resina sintética resultante da combinação química da epícloridrina e bisfenol. Numerosa quantidade de polímeros formados por condensação, feitos pela reação da epícloridrina com substâncias polihídricas como os fenóis, glicóis e novolacs.

Poliuretano – resina termoestável usada para fabricar espuma, tanto rígida quanto flexível. Família de resinas produzidas, reagindo diisocianato com substâncias orgânicas, contendo dois ou mais hidrogênios para formar polímeros com grupos de isocianato livres. Estes grupos, sob a influência do calor ou de certos catalizadores, reagirão entre si ou com a água, glicóis etc. para formar um material termoestável.

Monômero – substância na qual as moléculas individuais são capazes de se ligarem para formar longas moléculas de um polímero. Substância relativamente simples que pode reagir para formar um polímero.

Resinas termoplásticas – tornam-se macias quando aquecidas e duras quando resfriadas.

Resinas termoestáveis – tornam-se sólidas por reação química e não mais podem ser remoldadas.

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



Restituir monolitidade 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. E você não precisa ser cirurgião plástico para utilizá-la.



Entendeu?

Epóxi 36
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 03

GLOSSÁRIO

Tintas ricas em zinco – empregam-se diversos veículos na formulação de tintas com pó de zinco (contém menos que 50% em peso no filme seco). O zinco torna-se o anodo e o ferro o catodo na reação eletroquímica da corrosão. Para que esta reação ocorra é necessário que haja contato entre as partículas do pigmento de zinco e o substrato do aço. A superfície do aço deverá estar absolutamente limpa porque, de uma outra forma, haverá uma reação galvânica pobre com conseqüente ruína do filme da pintura. As tintas ricas em zinco são fabricadas na modalidade orgânica e inorgânica, dependendo da natureza do veículo.

moestáveis. Pôr estas películas para trabalhar, antes da cura completa, é a mesma coisa que montar uma alvenaria sem pôr massa entre os tijolos.

Casos típicos de cura incompleta

Há diversas causas para explicar o porquê de uma cura inadequada:

- Qualidade de um dos componentes;
- Mistura inadequada;
 - * Tempo impróprio;
 - * Relação de mistura errada;
 - * Adição imprópria de solvente;
- Umidade relativa desfavorável etc.



O caso mais típico e talvez o menos conhecido seja o dos epóxis ricos em zinco, aplicados sobre armaduras na própria obra, geralmente sobre filmes de ferrugem para formar barreira contra a corrosão (a presença das partículas de zinco aglomerada à resina epóxica não consegue fazer a troca galvânica com a superfície das armaduras).

O fato é que, quando a película cura, retrai. A visão que temos do seu comportamento é conhecida como tensões de retração. Se a “massa de recuperação” molhada for aplicada sobre a película, sem cura adequada, a enfraquecerá ainda mais, fazendo com que as tensões de retração, literalmente, rasguem a “barreira protetora”. Como se vê, na verdade, não há nem barreira nem troca galvânica.

Como detectar problemas de cura inadequada

Há várias maneiras de investigar esta questão. A primeira delas, e a mais barata, é após

GLOSSÁRIO

Constituintes básicos de uma tinta – veículo, solvente e pigmento.

Mecanismos de formação do filme de pintura

- evaporação do solvente.
- oxidação (dos óleos).
- polimerização (térmica e por condensação).
- coalescência.

Espessuras de filmes recomendáveis (mínimas)

- atmosfera altamente agressiva - 200 micrômetros.
- imersão permanente (água salgada) - 300 micrômetros.
- superfícies quentes - 120 micrômetros.
- atmosferas mediamente agressivas - 160 micrômetros.
- atmosferas pouco agressivas - 120 micrômetros.
- (1mm = 1.000 micrômetros).

Siloxanos – são substâncias reativas vantajosas que formam ligação química com silicatos presentes no substrato, formando proteção água-repelente.



Figura 4 - Pintas ou manchas estampadas praticamente hexagonais (invisíveis ao olho humano), transparecendo que o pigmento da tinta está flutuando na superfície. Diferenças e incompatibilidades na concentração dos pigmentos utilizados na formulação da tinta.

ATAQUE QUÍMICO EM PISOS DE CONCRETO?

Ataque Químico não mete mais medo.

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

EPÓXI 28

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

a cura da película promover um teste com solventes. Como as tintas termoestáveis curam por reação química, transformando-se em películas com altíssimo peso molecular, sua resistência à solventes é total após sua cura. A norma ASTM D 5402, “Prática padrão para investigar a resistência a solventes (esfregando-se) em pinturas orgânicas”, deixa claro que epóxis, estervinílicos, poliésteres e poliuretanos, após a cura química, devem, antes de serem postos em serviços, resistir a testes de solventes como prova de sua cura completa. Dever-se-á esfregar cerca de 25 vezes com um pano embebido em solvente específico (por exemplo, um tolueno), avaliando-se mudanças em sua aparência, dureza e espessura, assim como se houve impregnações no pano.

Realmente o teste do esfregão é bom para se verificar o grau de cura de uma tinta de proteção. Poder-se-á, com este método, verificar se há grandes diferenças e até moderadas no processo de cura. Pequenas mudanças, no entanto, passam imperceptíveis. É importante que ao se fazer o teste tenha havido, previamente, um teste com uma película padrão.

A verificação no laboratório

Chama-se Espectroscopia do Infravermelho (EIV) o caminho das pedras para se

GLOSSÁRIO

Transmitância – razão entre a quantidade de luz que atravessa a película e a quantidade de luz que incide sobre ela. O inverso é a opacidade. Utiliza-se o termo transparência, porém não é recomendado.

Espectroscopia – são métodos de análise qualitativa e/ou quantitativa baseados na obtenção e investigação de espectros de emissão ou absorção de substâncias sob forma de vapor, em solução etc. Na espectroscopia do infravermelho estudam-se os espectros de absorção de substâncias, usualmente em solução, na região do infravermelho.



Figura 5 - À semelhança do que ocorre quando se aplica tintas tipo epóxi sobre armaduras com o intuito de “protegê-las”, este é um processo de corrosão, já existente, porém supostamente “limpo” e, a seguir, pintado com uma tinta epóxica. Os produtos da corrosão se multiplicam e empurram o filme de “proteção”. A presença de sais solúveis, a permeabilidade de película e uma série de outros fatores, independentemente de películas ou barreiras que se apliquem sobre a superfície do aço, rapidamente dão continuidade ao processo corrosivo, expulsando tudo que o contrapõe.

verificar o grau ou o nível de cura de uma tinta de proteção. Evidentemente, é infinitamente mais preciso que o teste do esfregão. Vamos entender o que é o EIV. Uma molécula nada mais é do que um conjunto de bolas (átomos) interligadas por molas (ligação química característica da molécula) que, ao contrário do que possamos imaginar, estão em constante movimento ou vibração.

Dependendo do tipo de átomos e das ligações químicas que as prendem, ter-se-á regiões da molécula com diferentes vibrações, ou seja, com frequências diferentes, medidas em unidades do cm^{-1} .

Cada frequência de vibração caracteriza uma determinada estrutura de molécula.

Assim, por exemplo, a ligação de um átomo de carbono com um átomo de hidrogênio produz movimentos elásticos vibratórios que variam entre 2.800 e 2.950cm^{-1} . Um átomo de carbono duplamente ligado a um átomo de oxigênio vibrará de forma típica, entre 1.650 e 1.750cm^{-1} . Resumo dessa gororoba técnica: quando a luz infravermelha focaliza uma região da amostra da película de tinta, sua frequência sincroniza com as vibrações dessas moléculas, tornando evidente esses espectros para uma grande quantidade de frequências em diferentes graus, informando sua composição ou aquilo que chamamos de grupos funcionais e suas concentrações no polímero, desmascarando-o. A

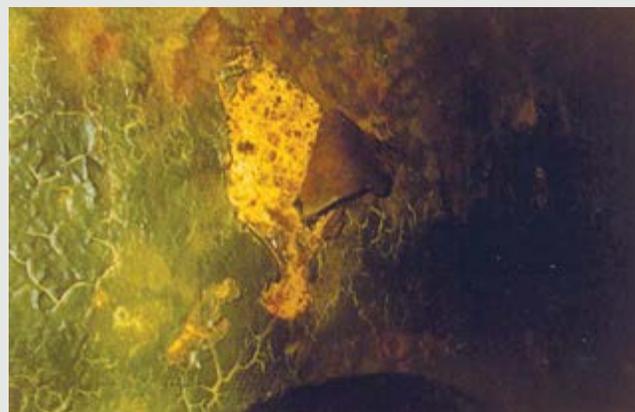


Figura 6 - Descascamento devido a perda de aderência entre películas de tintas. Se supormos que as películas pertencem à mesma tinta ou a formulações compatíveis, o problema estará relacionado à preparação inadequada entre as aplicações. Poderá ser contaminação entre uma película aplicada muito tempo após a outra, sem que tenha havido preparação adequada.



ECO-IMPACTO

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 05

O menor do eco-impacto

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



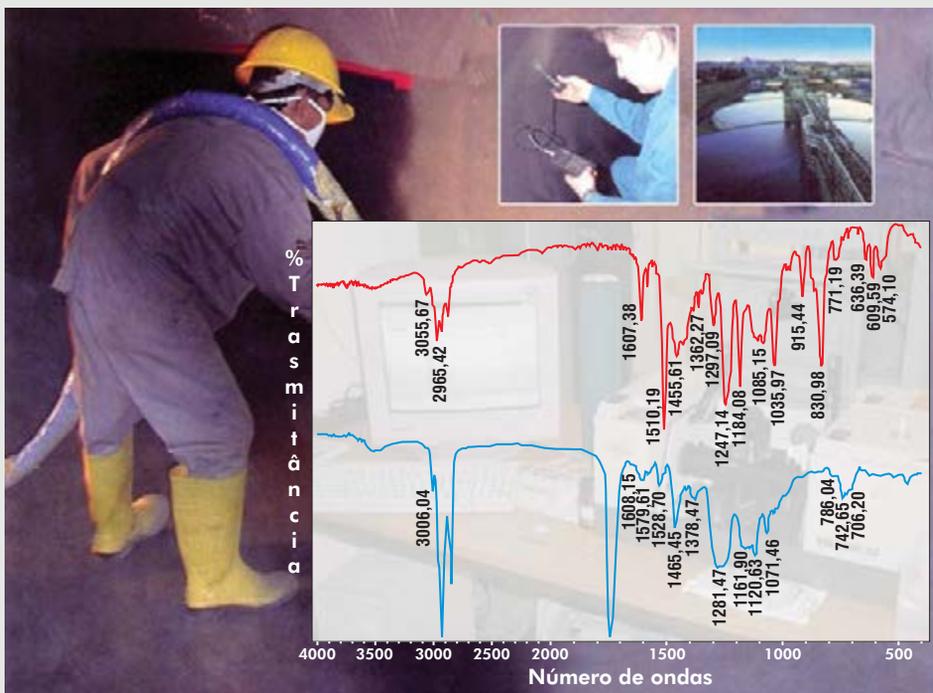


Figura 7 - Espectro do infravermelho de um epóxi (acima) e de um esmalte alquídico (abaixo).

figura 7 mostra o espectro do infravermelho de uma tinta epóxica.

É exatamente este aspecto quantitativo da EIV que o torna uma maravilha para se medir, de forma precisa, o grau de cura e, claro,

no. Seu nível de cura será monitorado, medindo-se a diminuição da intensidade da banda do isocianato, à medida que é consumido durante a reação de cura. Em suma, a falta de cura em uma tinta de proteção é

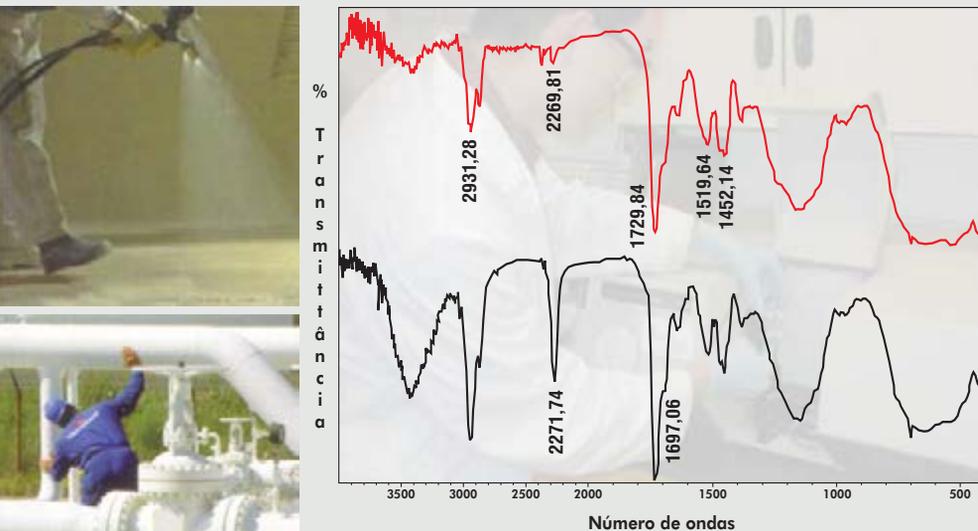


Figura 8 - Espectro do infravermelho de uma película de poliuretano de dois componentes curado em 24 horas (embaixo) e em duas semanas (acima). Note que, à medida que a película cura, a banda do isocianato próxima a 2.270cm^{-1} , torna-se bastante fraca.

a eficiência de uma tinta de proteção. Por exemplo, uma tinta de proteção à base de poliuretano consiste de um poliéster funcional hidroxilado ou uma resina acrílica (componente A) e um grupo funcional isocianato (componente B), com banda do EIV tipicamente em torno de 2.270cm^{-1} , que deverá ser totalmente consumido durante a reação de cura.

Quando misturados, formam o nosso conhecido e extremamente durável poliureta-

causada por muitos fatores. Entre eles a presença de componentes de baixa qualidade, os erros de aplicação em que sobressaem a mistura inadequada e as condições do tempo impróprias.

A cura imperfeita, por qualquer que seja a razão, irremediavelmente conduz à formação de uma película de proteção instável, condenando-a a falência em um período curto ou ao desvio de rota para a durabilidade capenga.

GLOSSÁRIO

Grupo funcional ou reativo – que possui dupla ligação.

Isocianato – a maioria das aplicações desta resina resume-se à combinação com poliol ou poliálcool (que apresentam mais de 3 hidroxilas na molécula), ou seja, poliésteres ou poliéteres. É a formidável química do poliuretano.

Resina alquídica – resina sintética, usualmente feita com anidrido ftálico, glicerol e ácidos gordos de óleos vegetais. Devido ao seu teor de óleo tendem a escurecer com o tempo. A secagem destas tintas resulta da evaporação do solvente e da oxidação do óleo. Não devem ser aplicadas diretamente em paredes ou superfícies alcalinas, a não ser que, antes, se tenha aplicado um primer álcali-resistente ou m protetor penetrante.

Poliéster – resina sintética produzida com álcool polihidrico e ácido polibásico. Necessita de catalizador para a cura. Polímero cuja unidade estrutural na cadeia é do tipo éster. Polímero feito pela condensação de um glicol e um ácido dibásico.

Éster vinílico – um dos grupos das resinas sintéticas produzidas pela reação da resina acrílica com a resina epóxi ou bisfenol A, comumente preparada para aplicação, misturando-se com um monômero do grupo vinil e um catalizador de radical livre, em temperatura ambiente e usado como ligante em argamassa e concretos à base de polímeros.

Tolueno – hidrocarboneto aromático líquido, semelhante ao benzeno, ponto de partida para a obtenção do trinitrotolueno, TNT, importante explosivo. Cancerígeno.

fax consulta nº 06



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Pinturas.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química.
- C.H. Hare, "Adhesive and Cohesive Failure in Applied Coating Systems", JPCL.
- K.B. Tator, "Topcoating Zinc-rich Primers", Materials Performance.
- D.G. Wldon, A.J. Bochan, W.D. Corbett, and R.O. Lackey, "The Cure and Topcoating of Inorganic Zinc-rich Primers", JPCL.
- H.A. Dannenberg, W.R. Harp, "Determination of Cure and Analysis of Cured Epoxy Resins", Anal. Chem., vol 28.
- R.E. Smith, F.N. Larsen, CIL. Long, "Epoxy Resin Cure – FTIR Analysis" J. of Appl. Polymer Sci.
- D.G. Weldon, "Failure Analysis of Paints and Coatings", Chichester England: John Wiley & Sons.
- L. Gherlone, T. Rossini, and V. Stula, "Powder Coatings and Differential Scanning Calorimetry: The Perfect Fit", Progress in Org. Coat.

Novas técnicas de proteção contra corrosão em tanques de combustíveis.

PESQUISAS COM PRODUTOS DE PROTEÇÃO INDICAM NOVAS TENDÊNCIAS PARA AS TÉCNICAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA EM TANQUES METÁLICOS QUE ESTOCAM COMBUSTÍVEIS.



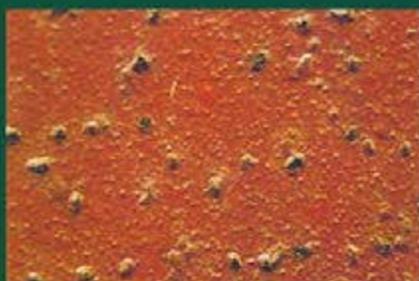
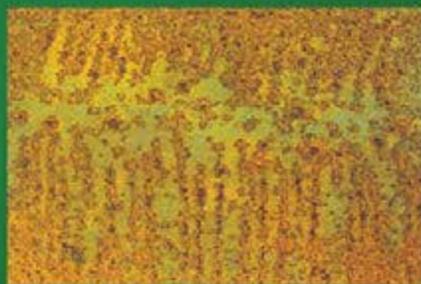
Tanques metálicos que estocam combustíveis (TMC) em refinarias e indústrias particulares desenvolvem um processo todo especial de corrosão em suas partes internas. A bula de combustíveis que nos referimos é bastante ampla, ou seja, gasolina, diesel, incluindo o biodiesel, QAV - combustíveis de aviação e o GLP - gás liquefeito de

petróleo. Para os curiosos, o tal processo especial de corrosão é o microbiológico, com seu gatilho todo duro baseado na biodeterioração do aço que estoca combustíveis. No “front” das chateações estão engenheiros e técnicos de manutenção com seus caderninhos de anotações recheados de tratamentos que variam de barreiras orgânicas (tintas) aos

tratamentos eletroquímicos com proteção catódica.

Os tratamentos

Nos caderninhos de técnicos e engenheiros de manutenção é possível visualizar medidas como a drenagem dos tanques, a clássica limpeza da borra do fundo, a de-

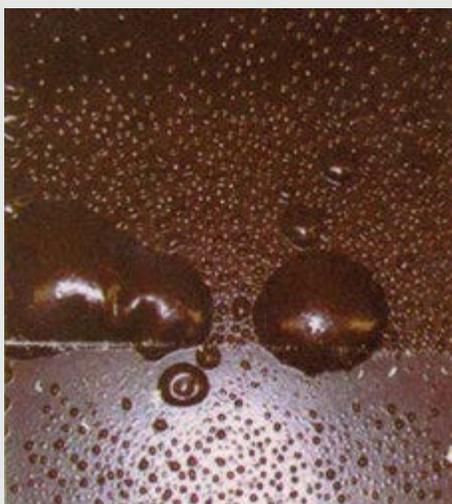


CURIOSO PARA ENTENDER TUDO ISSO?

Adquira agora mesmo

“MANUAL PARA COMPARAÇÃO VISUAL
dos
Problemas nas Tintas e em sua Aplicação”

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



Bolhas em uma pintura epóxica, ocorrida em um tanque de combustível, após um mês de pintada.

GLOSSÁRIO

Epóxi de alcatrão – revestimento ou pintura na qual o veículo (resina) é uma combinação de alcatrão e epóxi.

Amina – um tipo de resina termoestável proveniente da reação de um formaldeído e um álcool, comumente chamada de melamina ou resina da uréia, extremamente resistente.

Poliamida – polímero feito pela condensação de uma diamina e um ácido dibásico. Suas unidades estruturais são ligadas por grupos amidas ou tioamidas.

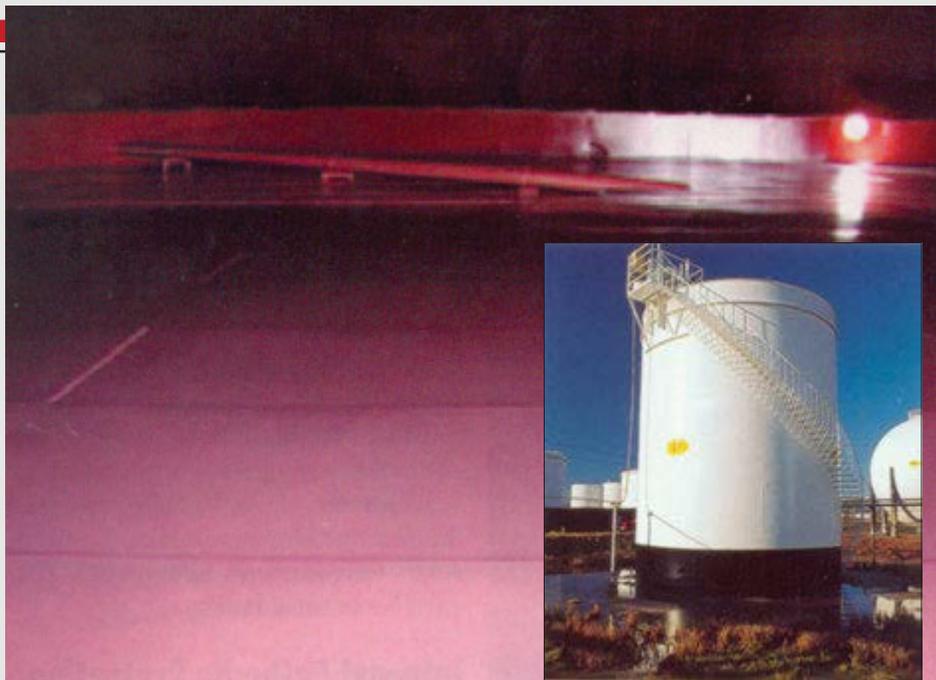
Epóxi fenólico – epóxis com moderada resistência química.

Ácido sulfídrico – proveniente da dissolução do sulfeto de hidrogênio em água.

Sulfeto de hidrogênio – conhecido como gás sulfídrico. Composto binário de enxofre e hidrogênio. Forma-se na putrefação de substâncias naturais que contém enxofre, sendo responsável, em grande parte, pelo característico cheiro de ovo podre.

Alcatrão – mistura de destilados de hidrocarbonetos. Substância betuminosa, subproduto da fabricação do coque a partir do carvão betuminoso.

sumidificação do material que entra no tanque com válvulas de “respiração”, purga



Interior de um tanque com seu revestimento epóxico com 600µm de espessura (foto maior). Na foto menor o tanque em questão.

do gás inerte (usualmente nitrogênio seco), estocagem de combustíveis sob pressão, de gases inertes livres de vapores d’água e oxigênio e o tratamento com a remoção dos componentes corrosivos, como o ácido sulfídrico (H₂S), água e o oxigênio (O₂), utilizando-se “varredores” e “aglutinadores”.

As barreiras de proteção

Barreira de proteção feita com pintura é um tratamento relativamente barato, porém perigoso, porque é porosa, ou seja, é permeável e apenas atrasa o processo corrosivo. Na verdade, quando mal feita, complica ain-

da mais o processo de corrosão na superfície do aço.

As barreiras são formadas por películas de tintas orgânicas, que têm o epicentro do sismo normativo no American Petroleum Institute (API) com seu API-RP 652, “Lining of aboveground petroleum storage tank bottoms”, que estabelece espessuras de películas de proteção finas ou delgadas, até 500 micrômetros, usualmente com epóxis de alcatrão, epóxis fenólicos e com aminas, poliamidas e poliamidoaminas epóxicas. As películas espessas, usualmente recomendadas, ficam em torno de 2.000 micrômetros utilizando-se fibra de vidro (na forma de flocos, fibras retorcidas ou me-

Medidores Ultrassônicos de Espessuras

SME-P TOP - para metálicos e não metálicos

- Construção Civil
- Controle de qualidade
- Usina de açúcar e álcool
- Química e petroquímica
- Mineradoras
- Siderúrgicas
- Cimenteira
- Aeronáutica
- Ferroviária
- Automobilística
- Naval
- Outros

SME-P 4-TDL - para metálicos e não metálicos

- Manutenção preventiva e/ou preditiva
- Precisão e confiabilidade nas medições
- Ensaio não destrutivo - por apenas um dos lados da peça

TRANSDUTORES ESPECIAIS

Desenvolvemos projetos personalizados de transdutores de ultra-som para aplicações específicas do cliente, solucionando os problemas com medição de espessuras. Além de oferecer assistência técnica a transdutores de outras marcas.

SME-P Plastic - para polímeros

- Soprados, injetados e rotomoldados.
- Controle de produção
- Reservatórios de combustível; água; químicos; entre outros.
- Possibilita maior quantidade de pontos medidos em menor tempo, sem destruir a peça já produzida.

SME-P Standard - para polímeros

- Detecção de corrosão interna.
- Medições de espessura de equipamentos.
- Espessura de tubulações e chapas planas.
- Controle no recebimento de materiais.

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



Tanques revestidos externamente com os modernos epóxis siloxanados.

chas) aglomeradas com poliéster (isoftálico, bisfenol A e o estervinílico) ou mesmo com epóxis.

Os tratamentos eletroquímicos

Pequenas quantidades de água nos combustíveis, algo como 200ppm, são capazes de detonar enormes processos de corrosão. No entanto, toda e qualquer superfície metálica feita com aço deve receber tratamento eletroquímico, inva-

riavelmente com proteção catódica. A regra é simples: a superfície interna dos tanques de combustíveis é defendida contra a corrosão apenas com proteção catódica feita com zinco ou ligas de zinco, alumínio, índio, níquel etc, projetadas termicamente. Corriqueiramente, o popular Zinco Termo Projetado ou ZTP, também utilizado na construção civil. Se bem que, quando o tanque estoca combustíveis oxigenados, o ZTP deve ser feito, obrigatoriamente, com liga de zin-

GLOSSÁRIO

Bisfenol – intermediário na produção de epóxis, policarbonatos e resinas fenólicas.

Poliéster – resina sintética produzida com álcool polihídrico e ácido polibásico. Necessita de catalizador para a cura. Polímero cuja unidade estrutural na cadeia é do tipo éster. Polímero feito pela condensação de um glicol e um ácido dibásico.

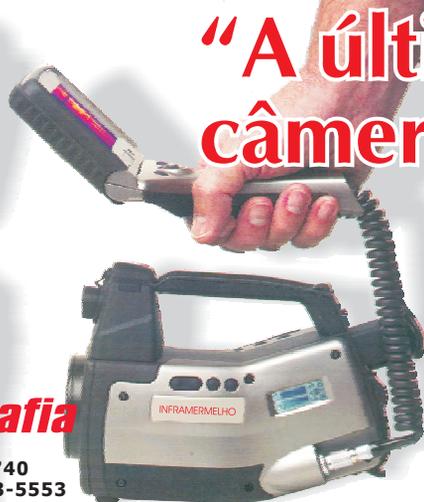
Éster vinílico – um dos grupos das resinas sintéticas produzidas pela reação da resina acrílica com a resina epóxi ou bisfenol A, comumente preparada para aplicação misturando-se com um monômero do grupo vinil e um catalizador de radical livre, em temperatura ambiente, usado como ligante em argamassa e concretos à base de polímeros.

“A última palavra em câmeras infravermelhas”

Porque usar termografia do infravermelho?

Esta moderna tecnologia NDT identifica fissuras, deslocamentos, presença de armaduras, vazios e água no interior de concretos e qualquer tipo de revestimento. É ideal para edificações, pontes e indústrias.

Geração simples e rápida de relatórios, incluindo as funções “drag & drop” com armazenamento de imagens em JPEG. Menu operacional em português. Atualização da imagem térmica em tempo real, 60Hz. Suporte técnico e treinamento local.



Termografia

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



Sério processo de corrosão na chaparia de borda de um tanque de combustível: acúmulo de água nesta região do tanque.



Enorme pite no piso de um tanque de combustível, com cerca de dois centímetros de diâmetro por dois centímetros de profundidade, descoberto durante uma inspeção interna. Repare que não há qualquer produto de corrosão na parte superior e entorno do pite.

co e níquel. A espessura do metal projetado varia de 100 micrômetros para o zinco e 300 micrômetros para o alumínio. A aderência do zinco, uma vez projetado na superfície metálica, é superior à do alumínio. No entanto, sua resistência ao mal cheiroso H_2S , quando presente no combustível, é inferior. Um detalhe ex-

tremamente interessante, pertinente ao zinco, é a sua mudança de polaridade, ou seja, simplesmente passa de anodo de sacrifício para catodo, em relação ao ferro, quando se promove a lavagem da superfície metálica interna dos TMC com água a $90^\circ C$. Este fenômeno, caso não seja controlado, causa a corrosão acelerada da su-

perfície metálica do aço. A película feita com alumínio puro, por sua vez, é resistente ao H_2S e à água quente.

Uma boa medida, que acrescenta mais anos à durabilidade da película metálica, é a pintura posterior com epóxi novolac, tipo EPÓXI nº 28, resistente a combustíveis. Esta durabilidade chega fácil a 30 anos.

Claro que seu cliente não vai aterrissar um F-14 no piso epóxico que você aplicou. Mas não é que poderia!!

seu piso epóxico

Os epóxis novolacs são famosos por sua resistência química. Mas água mole em pedra dura... O fato é que a película pode se tornar quebradiça e ir perdendo sua adesão. Pesquisa não pára. Agora você tem o **EPÓXI 28 flexibilizado**, o **EPÓXI 28 FLEX**, com tecnologia novolac com polisulfeto. Esta formidável parceria garante, verticalmente, qualquer tranco, com altíssima resistência química e abrasão. Anos-luz à frente dos revestimentos epóxicos tradicionais.

EPÓXI 28 FLEX

Tanques de estocagem e de processamento químico • Pátio de manobras • Tanques de combustível e lastro de navios • Diques para impermeabilizações secundárias • pisos de áreas de processamento expostos a respingos de químicas corrosivas, pisos de porta-aviões sujeitos a decolagem e aterrissagem...

Epóxi 28 FLEX
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 11

O que diz a norma API-RP 652?

Esta norma, que funciona como bíblia, não abre mão das pinturas orgânicas de proteção à base de epóxi e poliéster. Entretanto, a atual versão da norma, específica para refinarias, coloca em sintonia bem fina os epóxios e poliésteres, recomendando apenas as seguintes composições:

Composições recomendadas

- Epóxi novolac com e sem fibra de vidro.
- Epóxi novolac com convertedores, iniciadores e passivadores de ferrugem.
- Epóxi estervinílico.
- Polissiloxano.
- Poliuretano.

Caso o leitor deseje informações a respeito dos fundamentos, diagnóstico e controle da contaminação pela microbiologia nos tanques de combustíveis, basta entrar em contato com o Instituto de Patologias da Construção.



fax consulta nº 12



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Marcelo Schultz** é engenheiro elétrico, Mestre em corrosão.
- A. Groysman, "Corrosion of Aboveground Storage Tanks for Fuels", MP 44,9.
- API RP 652, "Lining of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms" (Washington, DC: American Petroleum Institute, 1991).
- "Study of Anticorrosion Properties of Metal Arc-Sprayed Coatings on Carbon Steel for Use Petroleum Products", 12th Int. Corros. Congr., vol. 1, Held Sept. 19-24, 1993 (Houston, TX: NACE International, 1993).
- J.I. Bregman, Corrosion Inhibitors (New York, NY: MacMillan Co.).
- J.S. Robinson, Corrosion Inhibitors (Park Ridge, IL: Noyes Data Corp.).
- A. Groysman, N. Erdman, "Corrosion and Protection of Mild Steel in Mixture Petroleum Product – Electrolyte", CORROSION/99, paper no. 140 (Houston, TX: NACE, 1999).
- A. Groysman, N. Erdman, "A Study of Corrosion of Mild Steel in Mixtures of Petroleum Distillates and Electrolytes", Corrosion 56, 12 (2000).
- H.H. Uhlig, W.R. Revie, Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering, 3rd ed. (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1985).

ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO DESPROTEGIDOS?

TERRA ANODO G (TAG)

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

**Instale e confira.
Damos total assessoria técnica.**

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

Terra Anodo G

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 13

Proteção Catódica com Zinco Termo Projetado (ZTP)

O sistema de tratamento por proteção catódica interrompe a corrosão no concreto armado. É considerado como a única técnica de recuperação que consegue interromper a corrosão em pontes, viadutos, edifícios civis e industriais contaminados com cloretos, sulfatos, CO₂, independente do teor de ataque.

A proteção catódica utiliza a mesma técnica eletroquímica da corrosão para garantir que reações de oxidação não ocorram no aço estrutural. Isto é possível adicionando-se um anodo exterior ao sistema, capaz de manter as reações de oxidação sem sofrer qualquer dano físico.

vantagens:

- Mínimo custo para a recuperação da estrutura.
- Proteção efetiva e confiável das armaduras contra a corrosão em situações onde há contaminações por cloretos etc.
- Não há necessidade de corte do concreto, mesmo com presença de corrosão.
- Sobre a aplicação do ZTP pode ser feita a aplicação de qualquer tipo de tinta de acabamento.
- O ZTP é o método mais efetivo de proteção e prevenção contra a corrosão das armaduras, oferecendo proteção galvânica e uma barreira, em forma de pintura.
- Não há limite de área para a aplicação do ZTP.
- Não há perda de tempo para a cura do ZTP. É instantânea.
- O ZTP é versátil, pois permite a aplicação de acordo com a proteção necessária. Quanto mais espessa a aplicação do ZTP, maior a durabilidade. Poder-se-á aplicar diferentes espessuras em uma mesma estrutura, consoante com o grau de exposição da peça estrutural.
- O prazo mínimo de garantia é de 20 anos.

Zinco Termo Projetado

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 14

Corrosão na Protensão III

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

ANÁLISE



Joaquim Rodrigues

Na edição anterior, apresentamos os objetivos de uma avaliação e as características das estruturas pré-tensionadas frente a estados de corrosão, segundo a norma, recentemente lançada, do American Concrete Institute, ACI 222.2R, “Corrosion of Prestressing Steels”. Nesta edição, daremos continuidade a este tema juntando mais dicas e informações. Agora acerca da avaliação do estado de corrosão nas estruturas pós-tensionadas.

Estruturas pós-tensionadas

A munição deste tipo de estrutura é pesada e constitui-se de fios ou cordoalhas de alta resistência envelopados por dutos ou bainhas de papel, plástico ou metal e besuntadas, adicionalmente, com calda de cimento, graxa ou cera para se protegerem da corrosão. Este modelito é totalmente encapsulado pelo paizão concreto, formando então a peça estrutural pós tensionada, que terá

GLOSSÁRIO

Pré-tensão – é feita em bancada e se obtém tensionando-se o aço de protensão, antes do endurecimento do concreto. Os fios de protensão são tensionados entre blocos de ancoragem fixos e são assim concretados. Obtém-se desse modo uma aderência imediata entre o aço e o concreto. Após o concreto ter endurecido o suficiente, os fios são desligados dos blocos de ancoragem, de modo que a força de protensão se transfira ao concreto por aderência ou por dispositivos de ancoragem.

Pós-tensão – o aço de protensão é colocado solto dentro da bainha. Após o endurecimento do concreto, o aço de protensão é tensionado e ancorado nas extremidades da peça. A aderência se obtém injetando-se as bainhas, após a protensão, com argamassa ou calda de cimento, a qual protege o aço da corrosão.

Cordoalha – componente do cabo de protensão, formado por inúmeros fios, a maioria dos quais torcidos.

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

Continua na pág. 22.

RECUPERAR • Novembro / Dezembro 2005

Precisão?



Para medir com precisão 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).



Equipamento de medição CPV-4.

Semi Pilha CPV-4

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



Extraíndo corpos de prova do concreto, todo o cuidado é pouco.



Repare nos detalhes dos cabos ao longo da parede do grande reservatório que se constrói.

ainda dois sobrenomes, em função do envolvimento utilizado. Sim, porque a calda de cimento torna-se rígida e incorpora ou adere a cordoalha ao concreto, ao passo que tanto a graxa quanto a cera nada aderem.

Avaliando o tendão de Aquiles chamado ancoragem

Efetivamente, o furo na canoa das peças estruturais pós-tensionadas não aderidas são a ancoragem e as perdas de tensão que ocorrem e que resultam num prejuízo efetivo para todo o cabo. Assim, é essencial, durante os trabalhos de avaliação do estado de corrosão, checar-se a situação da ancoragem dos cabos não aderidos. Muito

embora cabos aderidos também devam receber atenção.

A inspeção visual é de fundamental importância, desde que o técnico ou engenheiro patologista tenha experiência suficiente. O sistema ou o bloco de ancoragem é moldado dentro do concreto e funciona como porta aberta para futuros tensionamentos na peça. O acabamento, que no final das contas leva o nome de “proteção contra a corrosão” amoitada, é feito geralmente com o preenchimento de argamassa ou microconcreto um pouco seco, seja com fôrma ou projetando-o, ou mesmo fazendo-se um tamponamento com um tampão de plástico cheio de graxa.



GLOSSÁRIO

Eflorescência – depósito de sais brancos na superfície do concreto, proveniente da lenta passagem de uma solução pelo interior do concreto com consequente dissolução dos sais. Posteriormente, na superfície do concreto, há a evaporação da solução.

A primeira dica que damos, durante a inspeção visual, é procurar eflorescências (aquele caldinho branco) ou manchas de óxidos avermelhadas ao longo da superfície do concreto e em torno do bloco de ancoragem. Eflorescência em excesso significa tráfego desregrado de líquido ou vapor através da massa do bloco. É uma saída justa na estado de neutralidade ou passividade do aço. Isto porque, na boléia vão os con-

RADAR
NDT INVESTIGATION

Tudo isto, facilmente
você obtém com RADAR.

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

O mais moderno equipamento NDT de investigação de estruturas agora ao seu alcance.

- Integridade do concreto armado?
- Situação das armaduras?





Cabos de protensão. Repare no estado da bainha e das cordoalhas. Na foto menor uma cordoalha e seus fios ou o que a corrosão fez com eles. Perda total.



taminantes vulgo cloretos, sulfato, nitratos e o próprio oxigênio, fatores acelerantes de todo processo de corrosão. A técnica de diagnóstico da invasão do concreto com instrumento (a chamada técnica invasiva) de modo a tentar desvendar o que está ocorrendo lá dentro, ou mesmo retirar-se amostras da massa endurecida é considerado o primeiro procedimento investigativo da presença de corrosão.

A análise do material, quer dizer, a presença de elementos contaminantes sinistros no pó do concreto extraído podem e devem ser investigados da mesma forma e maneira como se apresentaram nas



peças estruturais pré-tensionadas. Para um aprofundamento dos métodos de investigação a dica é consultar a própria norma ACI 222R, "Corrosion of Metals in Concrete".

Avaliando cabos não aderidos

Este tipo de estrutura, com cabos não aderidos é muito empregado em lajes de edificações e pisos industriais. Consiste em um fio ou cordoalha dentro de um duto ou bainha de plástico ou de papel, geralmente preenchido com graxa rotulada de "proteção" contra a corrosão. A exceção a este modelo está nos cabos externos empregados dentro das vigas caixão de pontes e

Tensionamento em um cabo multicordoalhas.



viadutos, usualmente com cordoalhas múltiplas encapsuladas com bainhas de polietileno e calda de cimento.

Os métodos de diagnóstico da corrosão empregados nas estruturas pré-tensionadas, como a SEMI-PILHA e o GECOR, não podem ser utilizados em peças com cabos revestidos não aderidos. Nem tudo está perdido, no entanto. Próximo à ancoragem, onde as bainhas são cortadas de modo a facilitar a montagem do sistema, as cordoalhas ficam de calça curta e contato com o concreto, naturalmente permitindo a investigação, embora com bastante cautela, de possíveis estados de corrosão com os equipamentos supra citados.



Visualização do interior de um cabo após a furação. Utiliza-se um endoscópio.

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



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

Instituto de Patologias da Construção
IPACON
Referência do mercado

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

Análise da velocidade da corrosão nas armaduras do concreto



A tecnologia mais avançada para determinação da velocidade de corrosão nas armaduras do concreto. Combina sistemas de vanguarda ao estado da arte de microprocessadores e tecnologia "flash" por computadores com as pesquisas mais avançadas em análise da velocidade da corrosão.

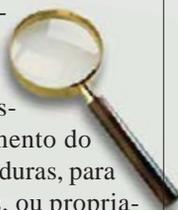
- Método rápido para representar graficamente a velocidade da corrosão.
- Técnica avançada de confinamento da modulação para uma análise precisa da velocidade da corrosão.
- Nova técnica de análise da velocidade da corrosão para ser usada em estruturas muito úmidas ou submersas.

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



Bainha com presença de água.

A **sondagem invasiva** é o método de avaliação visual mais comum, uma vez detectadas a localização e a espessura da camada de recobrimento do cabo com o detector de armaduras, para o caso de bainhas metálicas, ou propriamente com o eco-impacto, quando há bainhas plásticas. Desta forma, a camada de recobrimento é cuidadosamente removida, podendo-se acessar as bainhas. Dever-se-á analisar, antes de qualquer coisa, o estado das bainhas e a possibilidade de danos em seu corpo, geralmente



provocados por vibradores durante a concretagem.

Bainha rompida é pavio aceso da bomba relógio chamada corrosão no aço dos cabos, devido à penetração d'água e contaminantes. Após o exame da superfície das bainhas, analisar-se-á os fios e cordoalhas em seu interior, cortando-se cuidadosamente o duto plástico com um canivete ou outro objeto de corte suave. Com muita cautela e cuidado poder-se-á observar a presença de umidade junto à superfície do aço do fio ou da cordoalha, assim como a presença de espaços vazios, o que significa



Repare na presença de pites de corrosão nos fios das cordoalhas.

quantidade insuficiente de graxa. A seguir, verificar-se-á a própria situação da cordoalha, havendo a possibilidade de rompimento total, fratura apenas de alguns fios da cordoalha e, finalmente, se houve perda de tensão de tração. Esta última checagem é feita utilizando-se uma pequena alavanca, pé de cabra ou mesmo uma grande chave de fendas, tentando-se deslocar a cordoalha do interior da bainha. Caso o instrumento a desloque sem que haja retorno, certamente haverá pouca ou nenhuma tensão de tração na cordoalha. Um outro teste interessante e obrigatório é a verificação da pre-

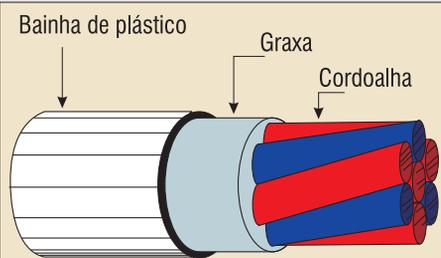
As melhores estruturas pedem...

SILANO-CORR

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

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

SILANO-CORR é a proteção natural do concreto aparente.



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

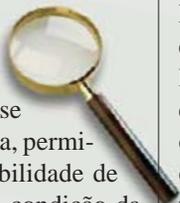


Interpretando dados com testes não destrutivos.

sença de fios cortados na própria cordoalha. Este teste é feito introduzindo-se uma chave de fendas entre os fios da cordoalha. Caso haja penetração, provavelmente

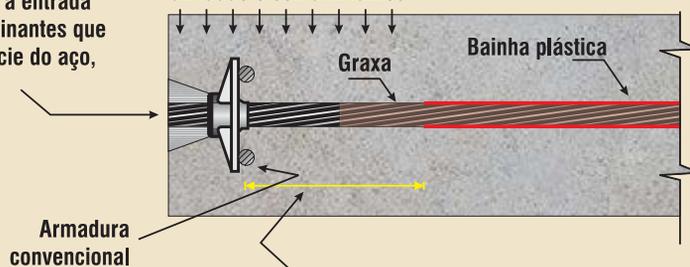
haverá fios partidos. Para se obter precisão no diagnóstico, será obrigatório compatibilizar o número de sondagens com o comprimento do cabo, motivo da investigação, já que a resistência dos cabos não aderidos segue a regra do elo mais fraco da corrente. Por fim, dever-se-á checar se há presença de produtos da corrosão na superfície da cordoalha.

A remoção do cabo após seu distensionamento, efetivamente, é a melhor maneira de se atestar a situação da cordoalha, permitindo uma análise por probabilidade de toda a peça estrutural para a condição da corrosão. Após a limpeza da graxa, far-se-á o exame visual com lupa (2X a 5X) de modo a se constatar a presença de pites de corrosão, sua profundidade e quantidade. Nesta



Insuficiente cobertura na ponta da cordoalha permite a entrada de umidade e contaminantes que chegam até a superfície do aço, iniciando a corrosão.

Penetração de umidade e contaminantes

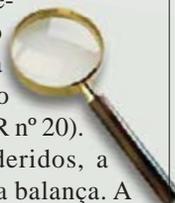


Esta é a região crítica, pois a cordoalha ao ser tracionada e alongada fica com parte de seu corpo diretamente exposto ao concreto. Perigo à vista.

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

ocasião, verificar-se-á a presença de fraturas em seus fios e, naturalmente, a presença da temida corrosão sob tensão fraturante. Para se avaliar o efeito da presença de diferentes níveis de corrosão ao longo da superfície de todo o comprimento da cordoalha, sugere-se o corte, em pedaços, para testes de tração em laboratório.

Testes não destrutivos poderão ser feitos nos cabos não aderidos, utilizando-se a técnica do monitoramento acústico (veja RECUPERAR nº 20). Para o caso dos cabos aderidos, a calda de cimento é o fiel da balança. A presença de vazios entre a cordoalha e a bainha e a própria qualidade da calda poderão, literalmente, detonar um severo estado de corrosão na superfície do aço. Há, portanto, a necessidade de se verificar se o cabo está todo preenchido, analisando-se a qualidade e a quantidade da calda endurecida. Este trabalho é feito com o ECO-IMPACTO (veja RECUPERAR nº 66) ou, de forma mais simples, utilizando-se a técnica de sondagem invasiva apresentada anteriormente. Na próxima edição, apresentaremos as mais modernas técnicas de recuperação para cabos protendidos diagnosticados com corrosão.



fax consulta nº 21



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

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

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



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



CARBO-DETECT

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 22

Trincas em pisos de concreto devido a bases inadequadas.

CONHEÇA TODAS AS INFORMAÇÕES DO SOLO NECESSÁRIAS À CONSTRUÇÃO DO SEU PISO DE CONCRETO.

Piso de concreto apresentando recalques nas regiões laterais carregadas: fratura no centro do piso.

SOLOS

Jorge Luiz F. Almeida

O triste espetáculo da surgência de recalques regado a trincas e fissuras em pisos de concreto efetivamente tem a ver com o solo suporte. Piso e solo ficam cara a cara, e em constante interação, suportando cargas estáticas e dinâmicas. A resistência do solo, ou seja, sua capacidade de receber cargas e distri-

buí-las sem romper é fundamental para todo e qualquer piso de concreto. Logo, sondagens são obrigatórias para se projetá-lo. Necessitamos ainda conhecer o módulo da reação do subleito, também chamado de coeficiente de recalque e geralmente apelidado de K . No entanto, é raro falar-se em K ou mesmo calculá-lo.

GLOSSÁRIO

Bombeamento – é a expulsão, através das juntas, trincas ou extremos do piso, de misturas d'água e materiais pertinentes à sub base ou subleito (literalmente lama), quando da passagem de empilhadeiras ou qualquer outro veículo sobre o piso. Barras de transferência e injeção de pasta ou argamassas de cimento, de maneira controlada resolvem o problema. O rejuntamento torna-se obrigatório.

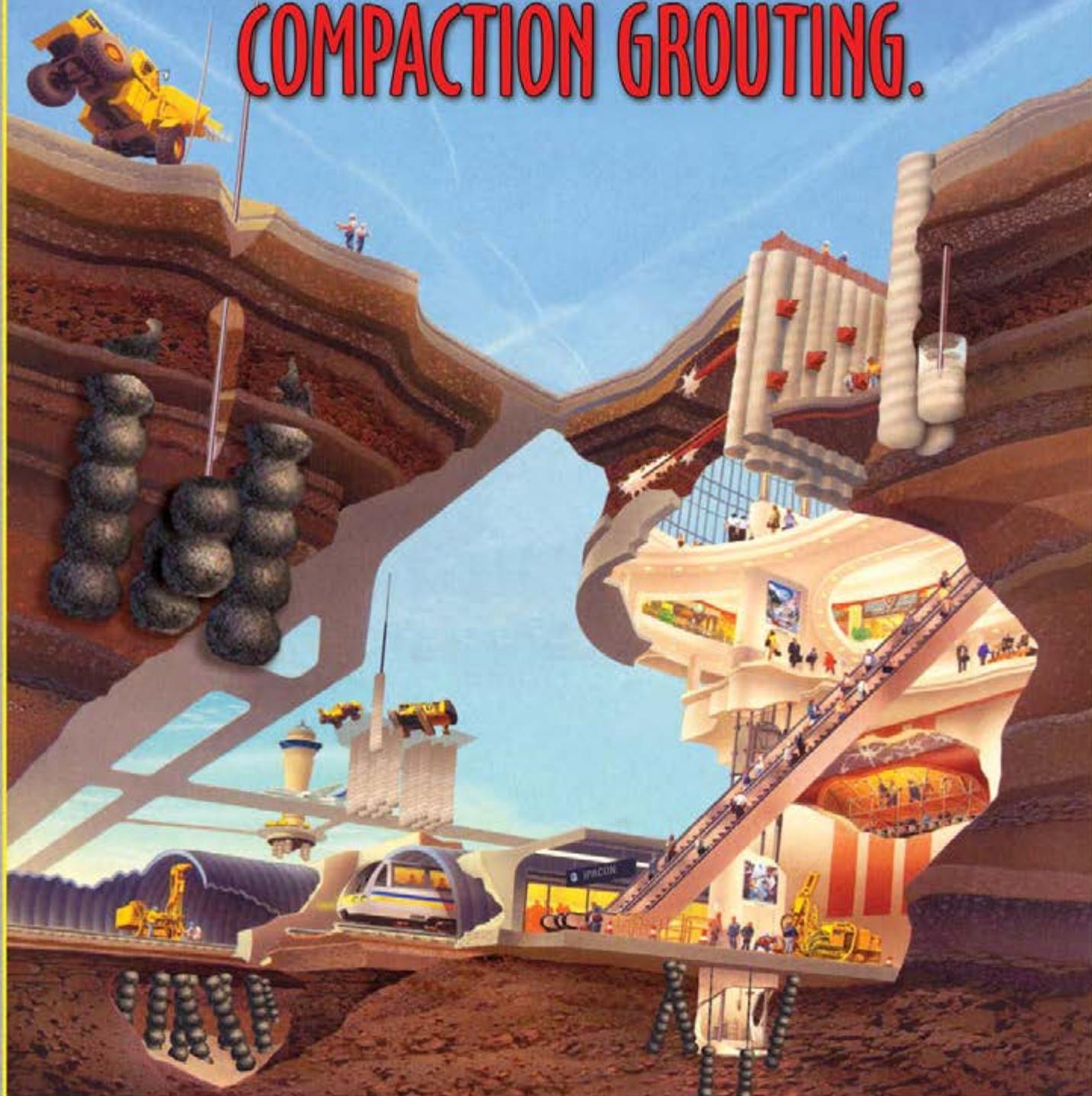
Métodos de compactação – é a densificação intensionável ou o aumento do peso unitário de uma massa de solo, seja aplicando-se rolo ou impactos, com ou sem vibração. A densidade de um solo é medida em termos de massa por unidade de volume. A obtenção de grandes densidades significa grandes resistências para o solo.

Solo versus concreto

Geotécnicos e calculistas geralmente não são consultados e o que ocorre é o “dimensionamento de um piso básico”, baseado na experiência do técnico ou engenheiro envolvido na obra.

Continua na pág. 32.

MODIFICAÇÃO DE SOLOS E INTERRUÇÃO DE RECALQUES? **COMPACTION GROUTING.**



Compaction Grouting

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

O coeficiente de recalque, ou como queiram, K , resume as propriedades características de como o solo reagirá ou deformará com as cargas a serem colocadas sobre o futuro piso de concreto. Assim, iremos supor que as deformações causadas serão proporcionais às tensões aplicadas. Quer dizer, esta última será igual a uma constante característica do solo vezes a deformação imposta:

$$T = KD$$

onde $\left\{ \begin{array}{l} T = \text{tensão no solo, em kg/cm}^2 \\ K = \text{coeficiente de recalque} \\ D = \text{deformação, em centímetros} \end{array} \right.$

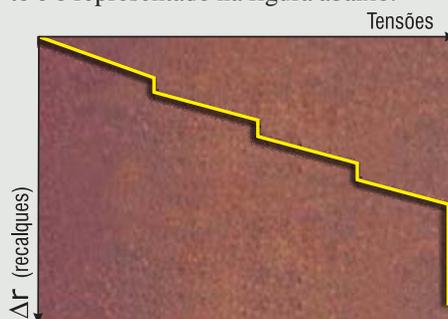
A unidade do coeficiente de recalque, K , é o kg/cm^2 por centímetro de deformação ou MPa por metro. O módulo de reação do solo, ou K é a relação obtida na prova de carga, entre a tensão provocada em uma placa de diâmetro 80cm e o recalque nela causado, quando executada de acordo com a norma ASTM D1196. Tenciona-se o terreno até a sua ruptura, medindo-se constantemente a carga aplicada bem como as deformações correspondentes. Naturalmente, com o conhecimento das sondagens feitas no local. A carga é aplicada por intermédio de um macaco hidráulico sobre o qual está uma caixa de areia ou a traseira de um caminhão. Entre a caixa de areia e o macaco coloca-se uma viga metálica para sustentar os deflectômetros e, sob o macaco, uma placa metálica, geralmente circular, com 0,80m de diâmetro. A deformação no terreno é medida por meio de dois deflectômetros.

A figura acima mostra, esquematicamente, a montagem de uma prova de carga. Com



O dispositivo para prova de carga no solo.

as cargas aplicadas no terreno e as conseqüentes deformações, poderemos traçar o gráfico tensão-recalque, cujo aspecto é o representado na figura abaixo.



O carregamento é feito até ultrapassar o limite de elasticidade do solo ou até atingir uma carga majorada de cerca de 1,5 (coeficiente de segurança) vezes o peso da maior sobrecarga.

A ruptura do solo é caracterizada, no campo, pelo fato de, acionando-se o macaco a placa mergulha no solo sem aumento da pressão no manômetro do macaco e no gráfico por uma reta paralela ao eixo dos recalques. A carga admissível é obtida dividindo-se a carga de ruptura pelo coeficiente

de segurança. A presença de camadas de solos moles abaixo do “solo bom”, no entanto, invalidará o teste, devido ao fantasma de recalques futuros. Assim, é costume dimensionar-se o K com base nas propriedades do solo considerado. Um perfil de solo totalmente arenoso dará um bom valor de K . Alertamos, novamente, que a presença de camadas de areias intercaladas com camadas de argilas moles é sinal de futuros recalques, devendo ser motivo de análise.

Cuidado com as argilas moles

Evidentemente ninguém é maluco de colocar uma sub-base em contato com um solo mole, seja uma argila ou um silte mole, ou mesmo uma areia fofa. De um modo geral, associa-se problemas futuros com aqueles solos que tenham mais de 45% do material (em peso) passando na peneira nº 200. Um perfil de solo nestas condições poderá passar do aclave resistente para o declive deformativo num tempo mais curto do que se imagina. Assim, dê uma boa olhada no quadro apresentado a seguir, de modo a ajudá-lo na investigação. Outras características poderão ser necessárias, como a resistência à com-

O questionável sub leito

Subleito é propriamente o solo de fundação do piso a ser constituído. Poderá ser obtido pelo corte do terreno ou através da introdução de aterros. O fato é que sua resistência (cizalhante) afetará diretamente o futuro comportamento do piso de concreto.

A preparação do subleito dependerá da sondagem. Pisos que recebam cargas insignificantes, sejam permanentes ou transitórias, deverão ter o subleito trabalhado de acordo com os métodos de compactação tradicionais. Para carregamentos significativos, por exemplo, superiores a 1.500kg/m^2 , todo e qualquer contexto de camadas de solos moles presentes no perfil de sondagem deverá ser avaliado e, certamente, corrigido, através dos métodos de consolidação profunda. O comportamento de antigos pisos, presentes no local da obra, já é uma boa indicação da conduta do solo de fundação.



Prova de carga para determinar o coeficiente de recalque ou valor K para pisos e pavimentos de concreto.

GLOSSÁRIO

Sub leito – é o solo original sob o piso ou aterro, que servirá de leito para o piso de concreto.

Sub base – material granular compactado colocado imediatamente abaixo do piso.

Resistência ao cisalhamento de um solo – todos os solos rompem ao cisalhamento. A resistência ao cisalhamento de um solo é uma combinação de sua coesão (ligação entre partículas do solo). Bastante importante para as argilas e insignificante para as areias puras. Com o atrito interno (ou ângulo de atrito interno), que deve-se à condição estrutural das superfícies das partículas que estão em contato, é maior nas areias e menor nas argilas.

Consolidação – basicamente é a diminuição do volume do solo quando submetido a tensões.



Um grande piso que esconde sérios problemas de recalques junto às áreas carregadas.



pressão não confinada, R_{CNC} , o teor de umidade, U , e os limites de consistência definidos pelo limite liquidez, LL , limite de plasticidade, LP , e o índice de plasticidade, IP . Com todas estas informações será fácil prognosticar se o terreno é ou não adequado para o piso a ser executado. Só para se ter uma idéia, a ordem de problemas com a presença de solos moles começa com a instabilidade do piso diante da compressibilidade deste solo, com as mudanças de volume devido à variação de sua umidade, normalmente, as-

sociado ao aumento do nível freático, e com o chamado “bombeamento” a que o subleito fica submetido quando há cargas pesadas repetidas sobre o piso de concreto.

Sem querer aguardar o tiro de partida para a bateria de testes que irão informar a verdadeira condição do solo, técnicos e engenheiros pegam o atalho do superdimensionamento do piso de concreto, dando-lhe “armaduras suficientes” ou mesmo executando-o em concreto protendido, como se fosse um grande radier.

GLOSSÁRIO

Consistência de um solo – variando-se a quantidade d’água em um solo, este poderá ser sólido, plástico ou líquido.

Limite de plasticidade (LP) – teor de umidade mínima, onde o solo poderá ser moldado, na mão, formando um pequeno cilindro com 10cm de comprimento e 3mm de diâmetro.

Limite de liquidez (LL) – teor de umidade mínimo, para o qual o solo fluirá devido ao seu próprio peso.

Índice de plasticidade (IP = LL – LP) – caracteriza a região do solo que se apresenta no estado plástico. Quanto maior o IP, mais plástico será o solo. Quando um material não tem plasticidade (areias) o IP é zero.

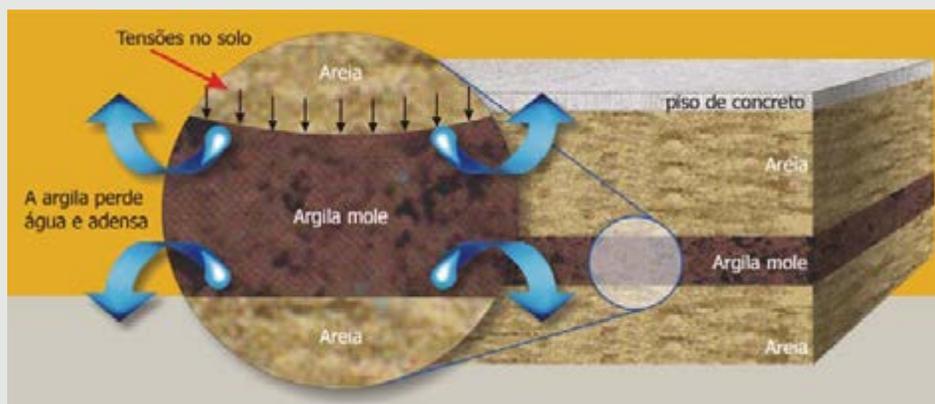
Índice de liquidez (IL) – é o teor de umidade para o qual o sulco, feito no aparelho de Casagrande, se fecha com 25 golpes.

Amolgamento – significa a destruição das características do solo, com conseqüente perda de sua resistência.

Contudo, ainda assim, todos estes truques podem ser insuficientes e aí parte-se para o tradicional estaqueamento, com seus inseparáveis blocos e cintas, além, claro, das lajes que se tornarão pisos. Uma vez mais, esta cara solução poderá ser contra-indicada se houver aterro sobre camadas de argilas moles, devido ao enigmático atrito negativo.

A solução para solos problemáticos

Até pouco tempo atrás, a presença de solo mole significava ter que removê-lo, substituindo-o por outro melhor, o que era problemático e custoso. Hoje, esta metodolo-



Situação típica: presença de pequenas ou grandes camadas de argila mole entre camadas de areia no solo, comprometem-no.



Fraturas generalizadas: base instável, apresentando recalques.

GLOSSÁRIO

Recalque – afundamento de parte ou de toda a fundação em relação ao seu nível original.

Atrito negativo – estacas cravadas em solos moles com a presença de aterros são arrastadas para baixo com o solo que adensa, ficando submetidas a cargas superiores às dimensionadas.

pois, é só tirar o aterro e fazer o piso de concreto. Assim mesmo, poder-se-á experimentar recalques a médio e longo prazos. A solução mais moderna e com o melhor custo benefício é consolidar o solo ou compactá-lo com a injeção de grouts específicos, interpondo-se os drenos verticais próprios. O chamado Compaction

Tipo de solo	Resistência Do sub leito	(ISC) Índice Suporte Califórnia ⁽²⁾	Dimensionando o K
			MPa/metro
Siltos ou argilas altamente compressíveis na densidade natural ⁽¹⁾	Baixa	2 ou menos	13,6
<ul style="list-style-type: none"> Siltos ou argilas altamente compressíveis na densidade compactada⁽¹⁾. Siltos ou argilas com baixa compressibilidade⁽¹⁾. Siltos arenosas e argilas. Areias com graduação aberta ou uniforme. 	Média	3	27,1
Areias e pedregulhos, areias bem graduadas com ausência de finos.	Alta	10	54

(1) alta compressibilidade, limite ou liquidez igual ou maior do que 50. Baixa compressibilidade, limite de liquidez menor do que 50.

(2) Ensaio Califórnia, mais conhecido pela abreviação da sua denominação original em inglês: CBR (de Califórnia Bearing Ratio) é a medida da resistência de um solo ao esforço cortante ou cisalhante, sob condições de densidade e umidade, cuidadosamente controladas.

gia praticamente está proibida, principalmente pelas questões ambientais. Modernamente, utiliza-se o artifício do assentamento de aterro sobre o solo mole, instalando-se drenos verticais e deixando-se o sistema, assim instalado, adensar o solo por um período que pode chegar até um ano. Desta forma, a sobrecarga do aterro pré consolidará o solo mole, com ajuda dos drenos verticais. Claro, reduzindo a sinistrose coletiva dos recalques futuros, durante aquele pe-riodo de aplicação do aterro. De-

Grouting com drenos. Mais detalhes desta tecnologia veja nas edições n^{os} 60, 61, 66 e 67.

fax consulta n^o 33



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Pisos de Concreto.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.
- B.C. Ringo and R.B. Anderson, Designing Floor Slabs on Grade, The Aberdeen Group, Addison, III..
- E.J. Yoder and M.W. Witzczak, Principles of Pavement Design, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.
- U.S. Army Corps of Engineers, "The Unified Soil Classification System", Technical Memorandum 3-357, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- American Association of State Highway Officials, "Standard Specification for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing".



Bomba Versátil MAX RG10

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

Bomba RG10

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta n^o 34